

Aula 5

Energia Potencial

Conservação da Energia

Física Aplicada à Farmácia

Prof. Henrique A. M. Faria

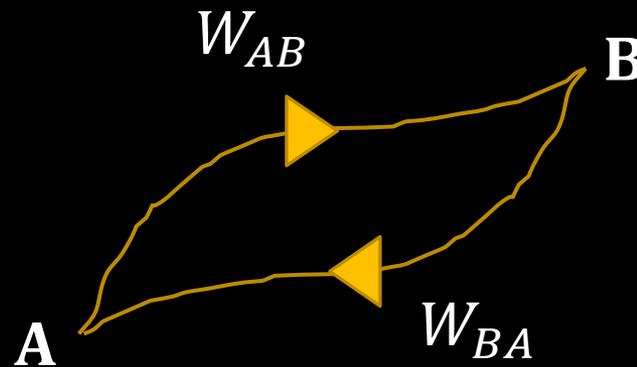


Cap 10 - Okuno

Conservação da energia

Forças conservativas

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



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

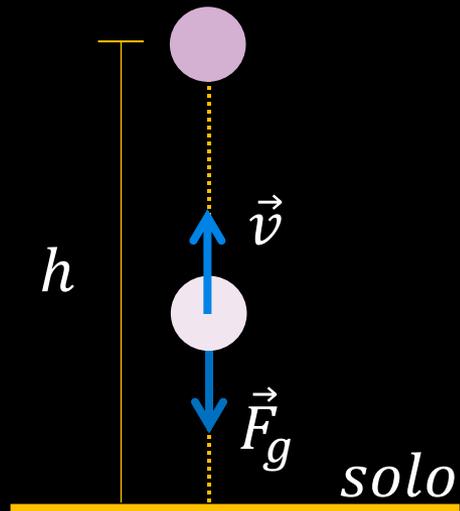
Exemplo 9.9

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



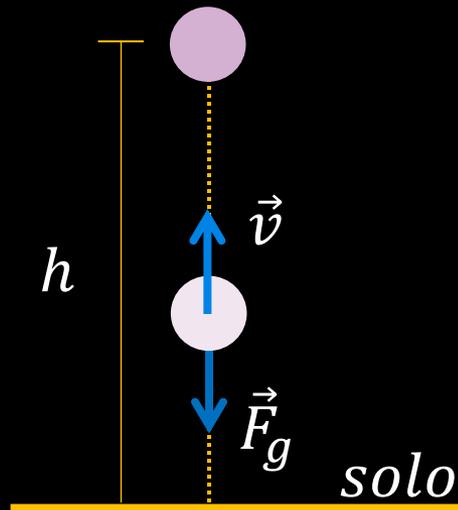
$$W_S = mg(\cos 180)h$$

$$W_S = -mgh$$

Solução ex. 9.9

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

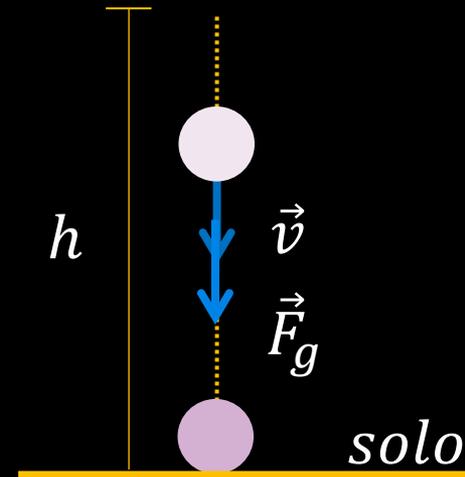
Subida



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

$$W_S = -mgh$$

Descida



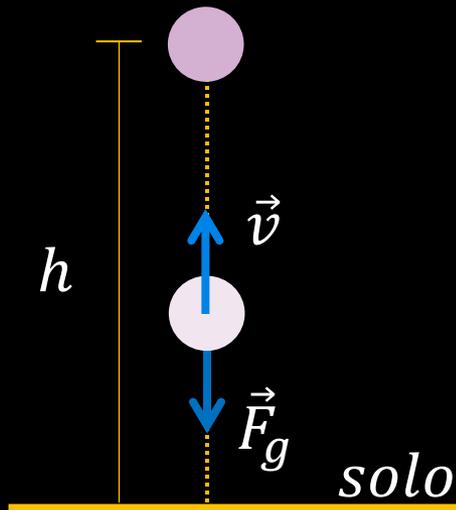
$$W_D = mg(\cos 0^\circ)h$$

$$W_D = mgh$$

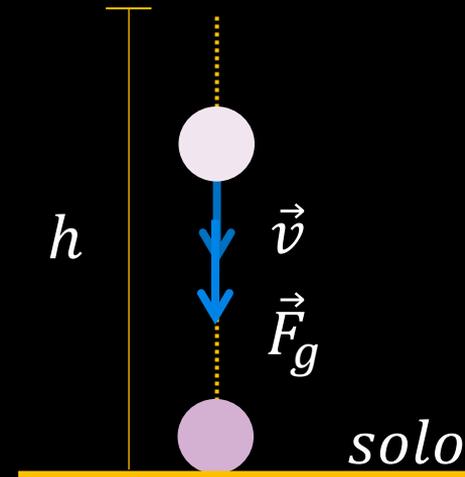
Solução ex. 9.9

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

Subida



Descida

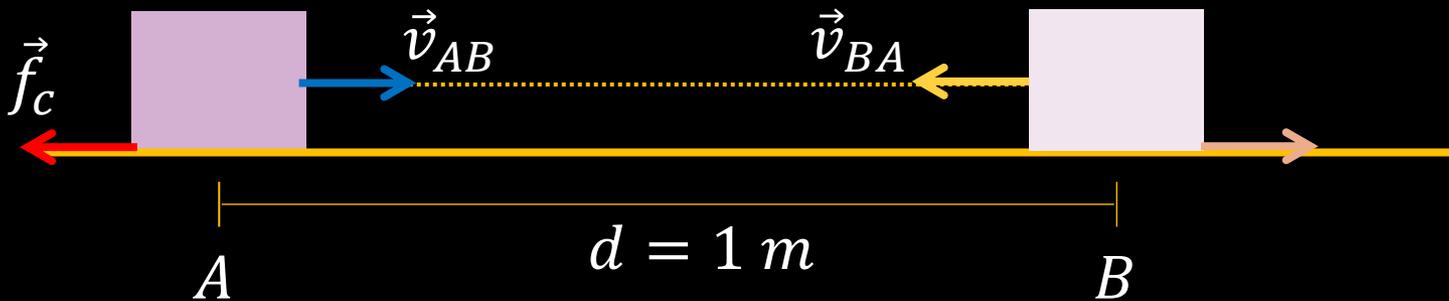


$$W_{Total} = W_S + W_D = -mgh + mgh = 0$$

A força gravitacional é conservativa!

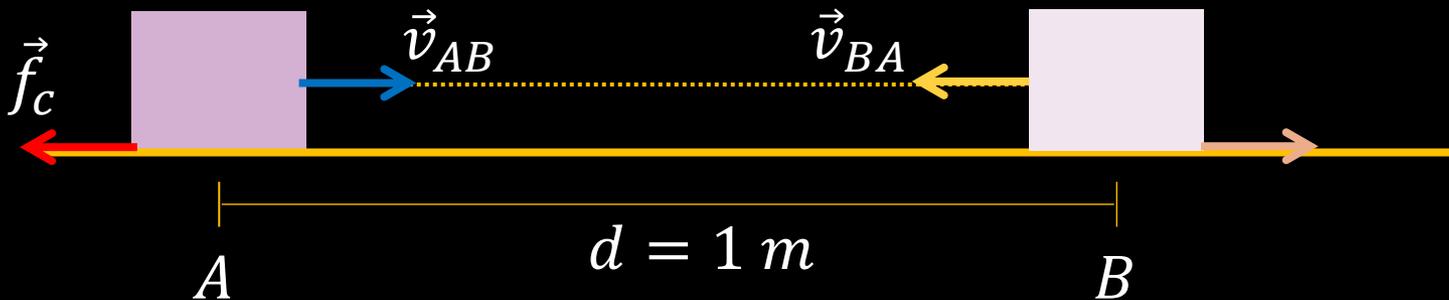
Exemplo 9.8

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



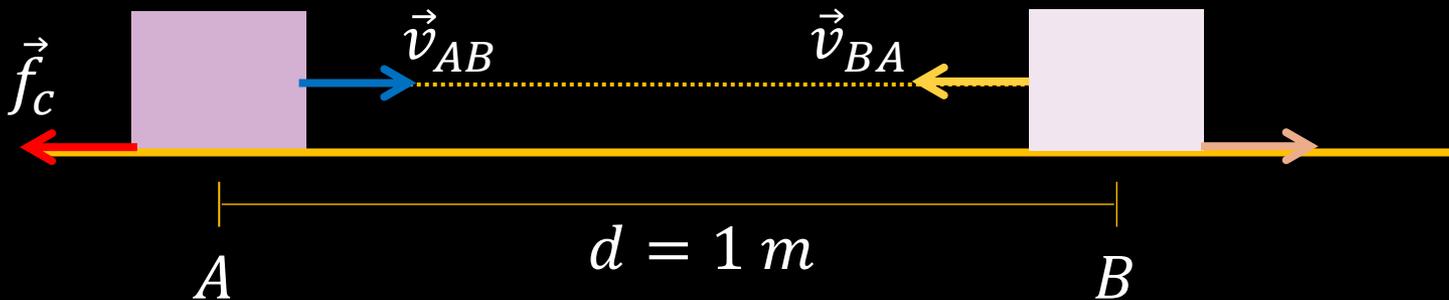
$$W_{AB} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

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

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

Exemplo 9.8

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



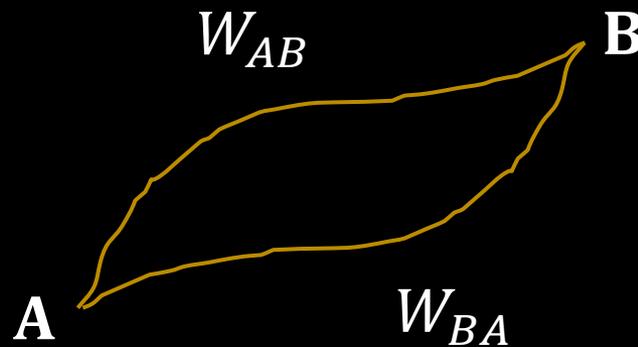
$$W_{AB} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

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

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

*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 (ΔK);

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

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.

$$K + U = Cte = E$$

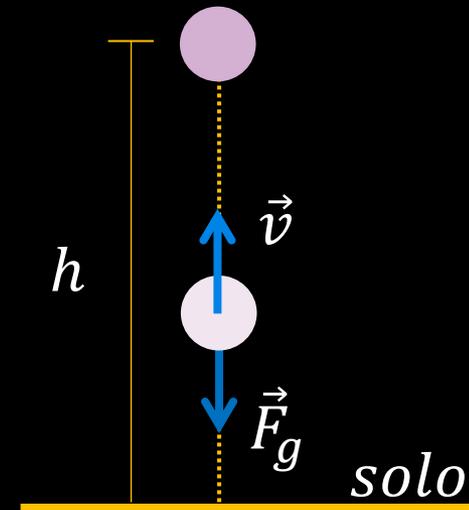
- A variação da energia cinética de um corpo é compensada por uma variação oposta em sua energia potencial (U);

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

- 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 ;

ΔU_{AB} : variação da energia potencial;

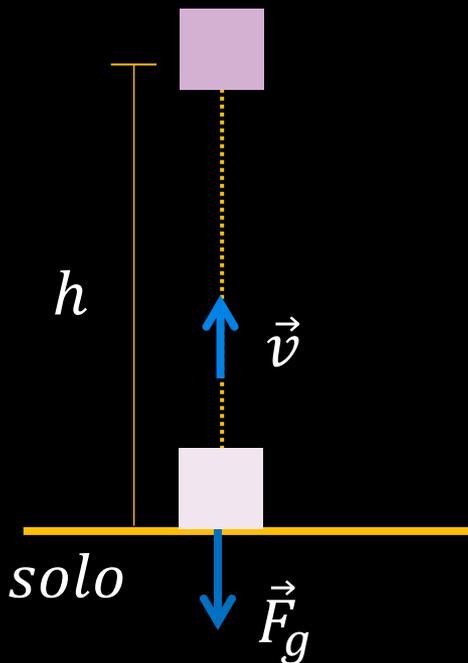
U_A : energia potencial final;

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



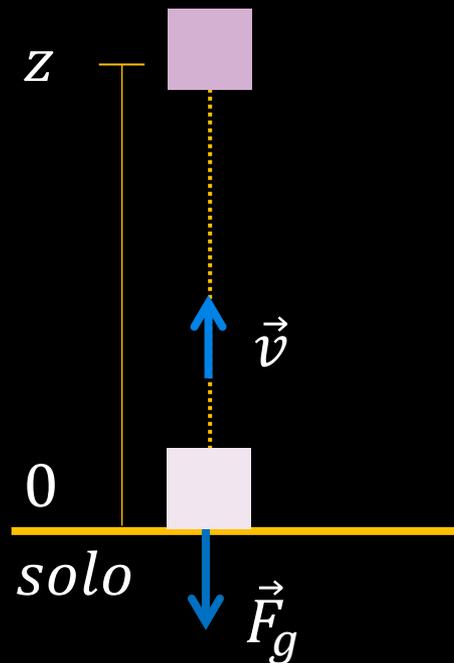
Exemplo 9.10

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

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

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

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



Solução

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

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

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

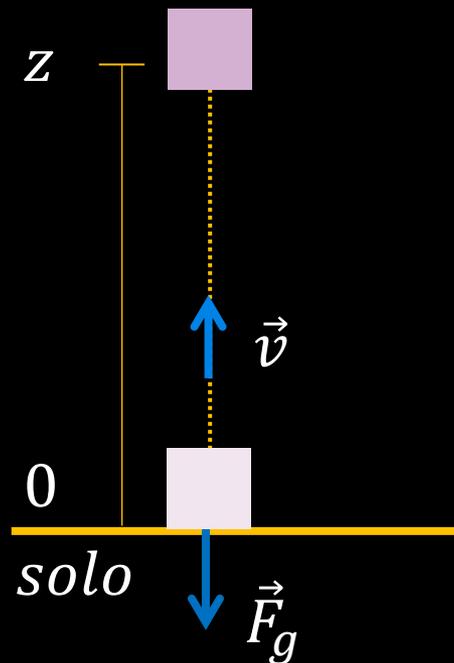
Exemplo 9.10

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

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

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

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



Solução

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

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

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

Sabendo que:

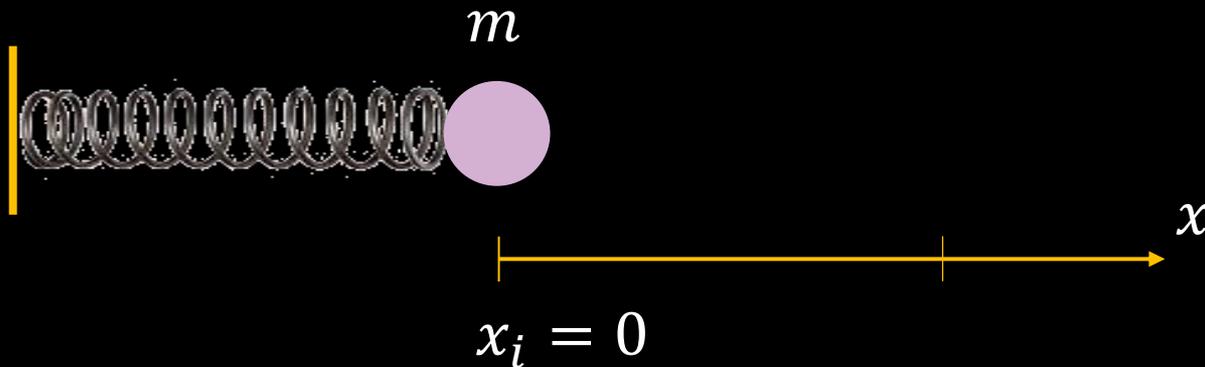
$$\Delta U_{0z} = -W_{0z} \quad \Rightarrow \quad U_z - U_0 = -W_{0z}$$

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

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

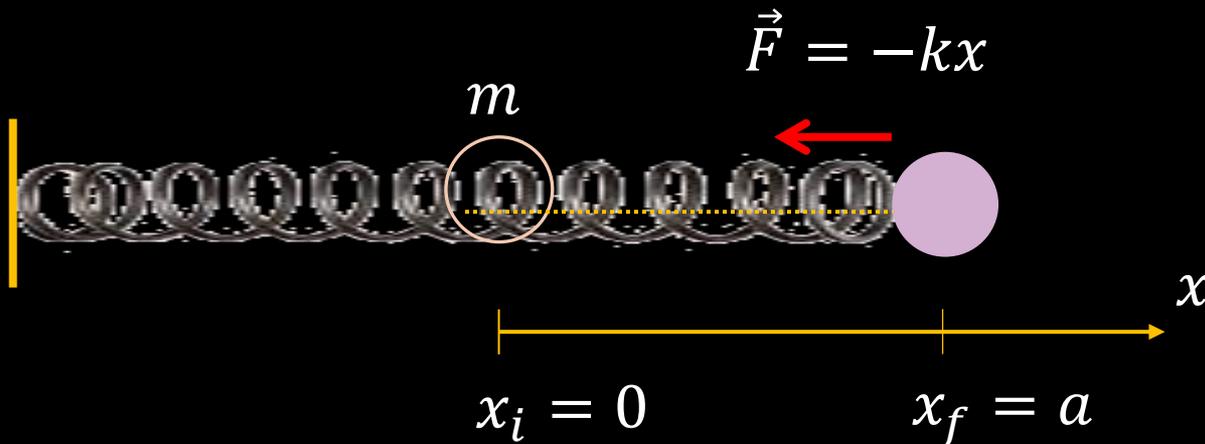
Energia Potencial Elástica

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



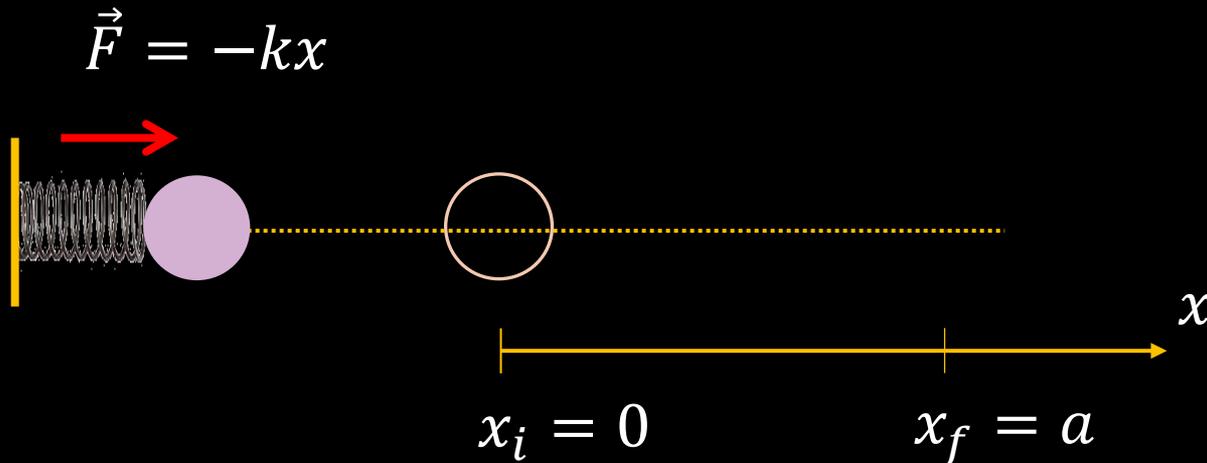
Energia Potencial Elástica

- 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:

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

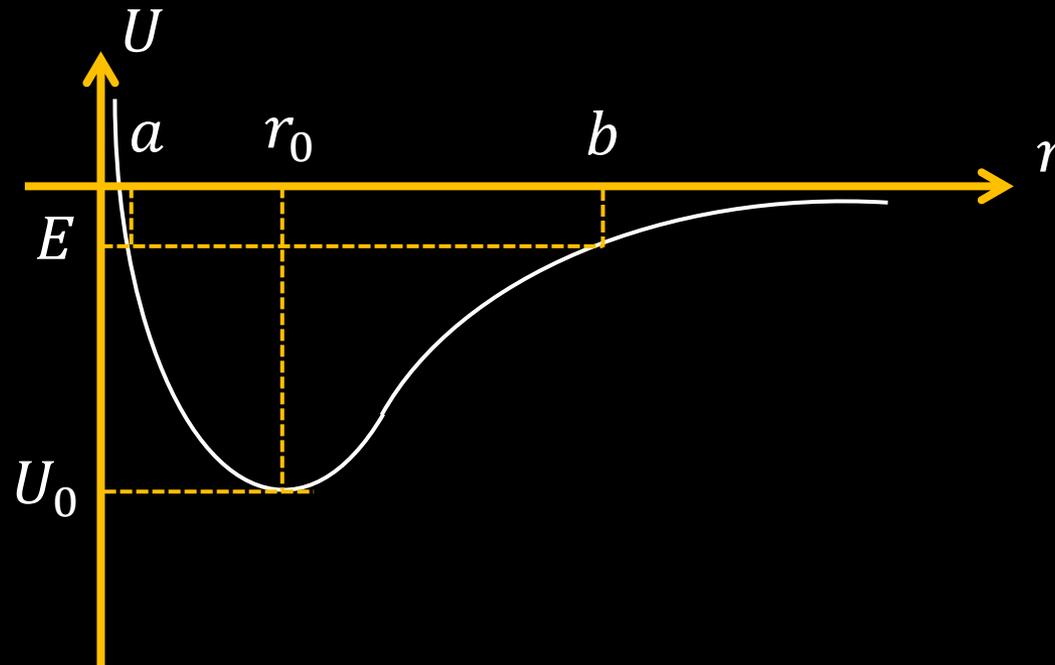
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

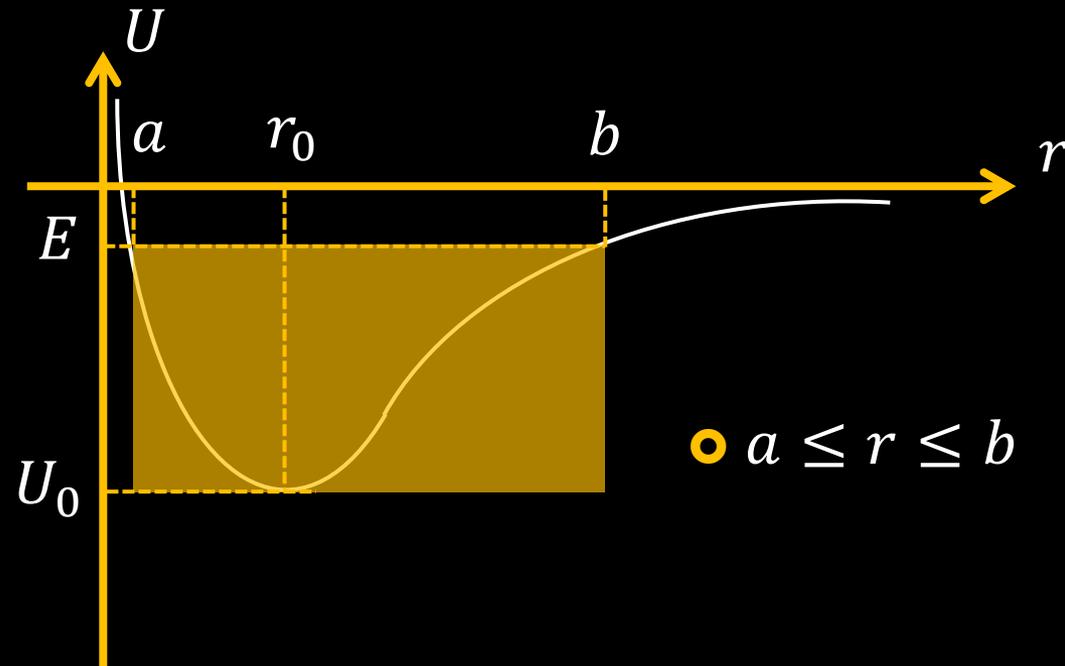
Energia Potencial de uma molécula diatômica

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

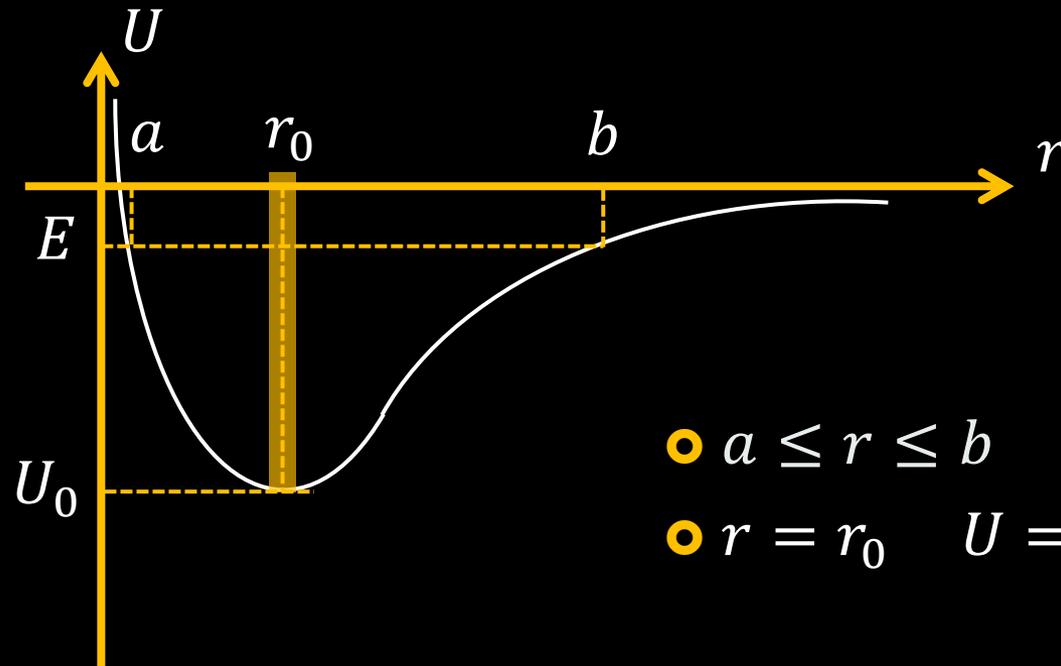


- A energia potencial da força existente entre os dois átomos P e Q é representada pela figura:

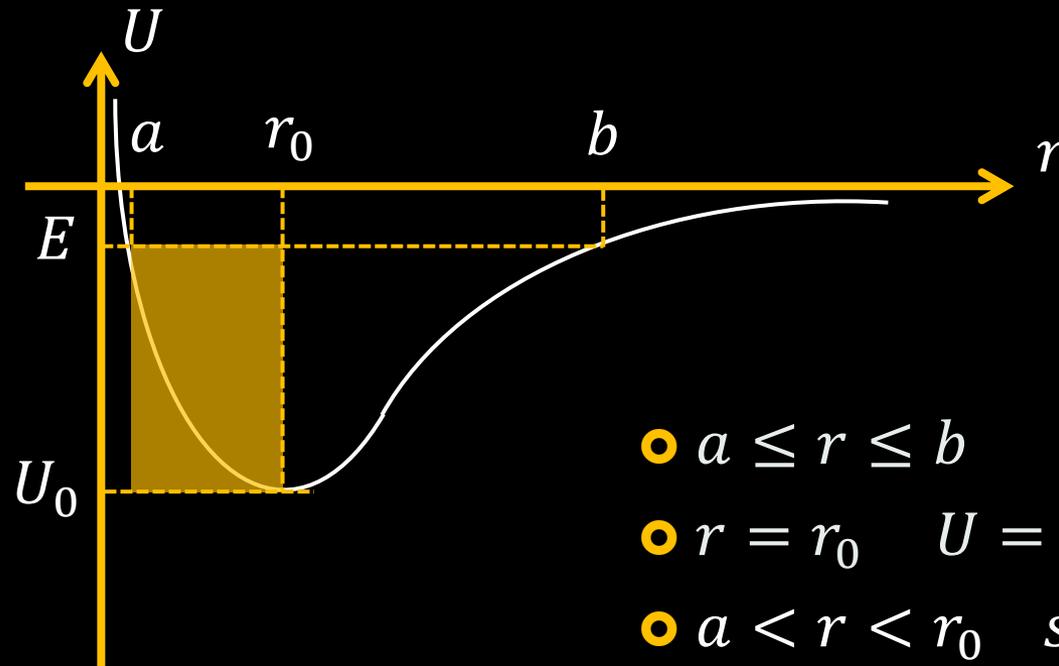




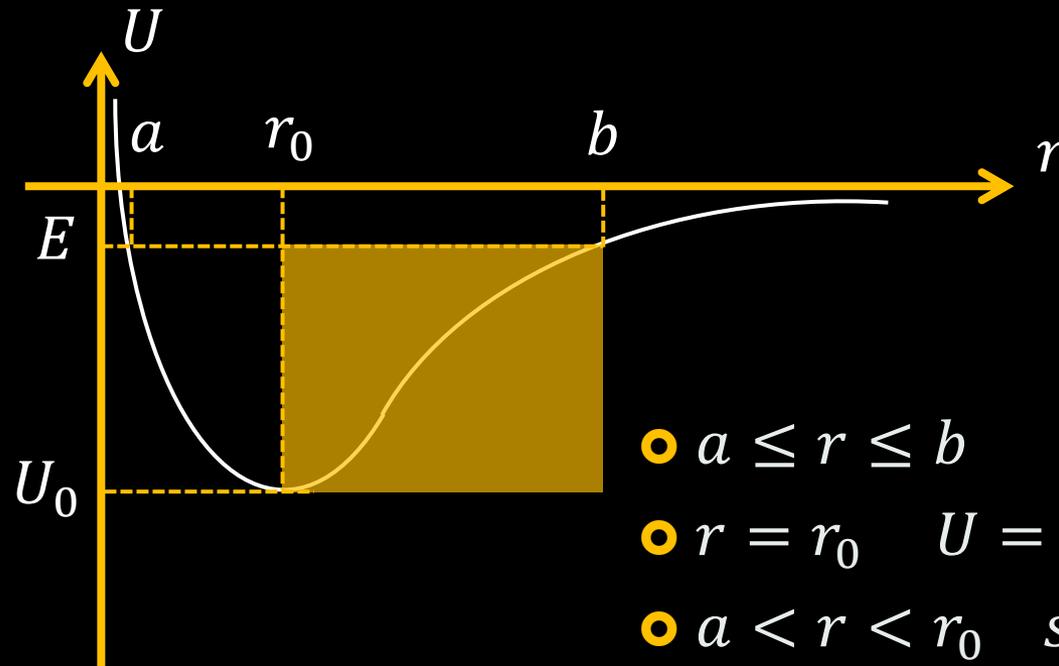
● $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$



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



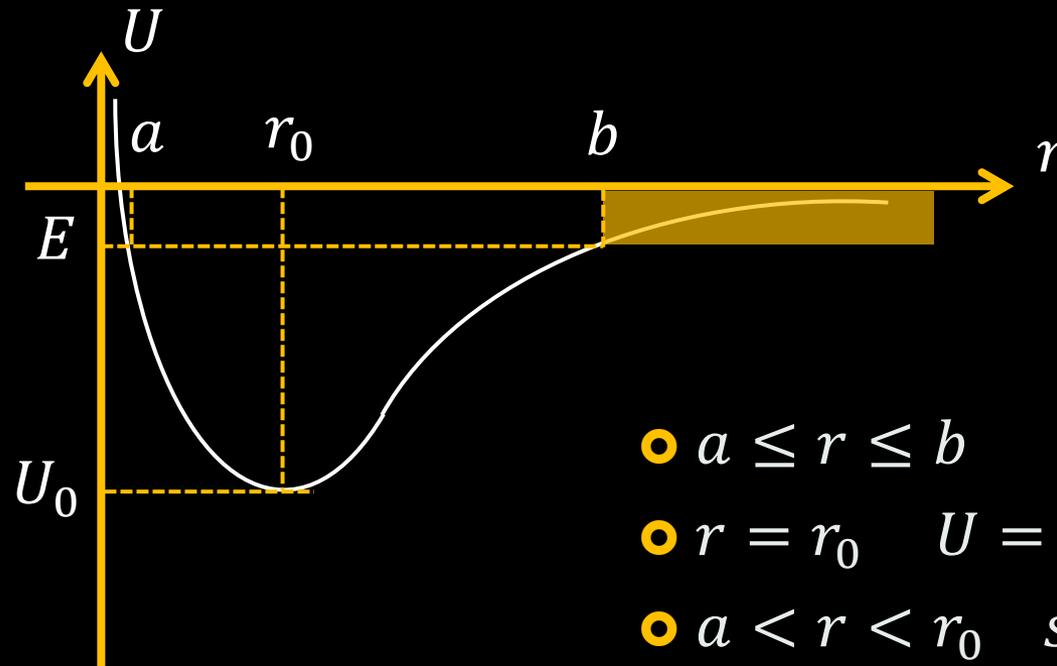
- $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$
- $r = r_0 \quad U = U_0 = \text{mínima}$
- $a < r < r_0$ se r aumenta os átomos se repelem



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

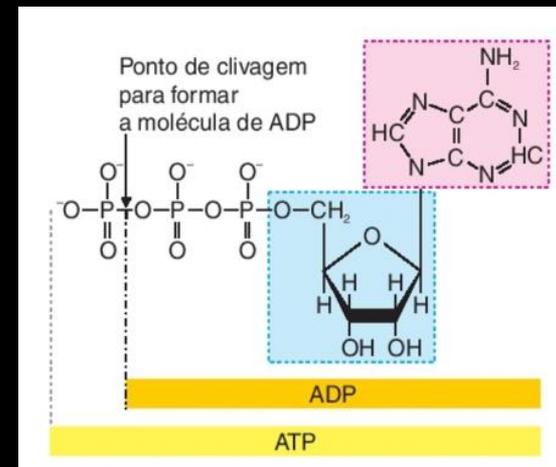
- Ex.: na queima de gasolina a energia da ligação é transformada em calor;
- Nos animais, grande parte dos processos de transferência de energia é realizada através de reações químicas.

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.



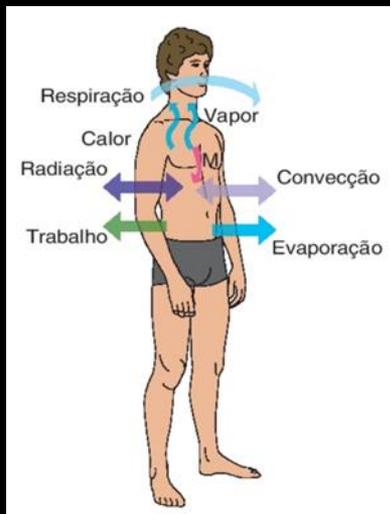
Fonte: Duran

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:

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

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

ΔE : Variação da energia interna armazenada;

ΔQ : quantidade de calor trocado com o ambiente;

ΔW : Trabalho externo realizado.

Por convenção:

ΔQ cedida é negativa;

ΔW 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:

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

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	ΔE liberado por litro de O ₂ 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 (η) com que o corpo humano realiza um trabalho externo ΔW , quando consome uma quantidade de energia ΔE , 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 O₂ por minuto por quilo. Tomar como base a energia liberada por litro de O₂ 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

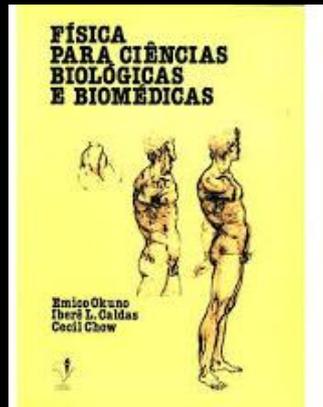
Exercícios

- Acessar Lista 04 no site:

profhenriquefaria.com

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)