

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT  
JOINVILLE



Roteiro da Experiência 5

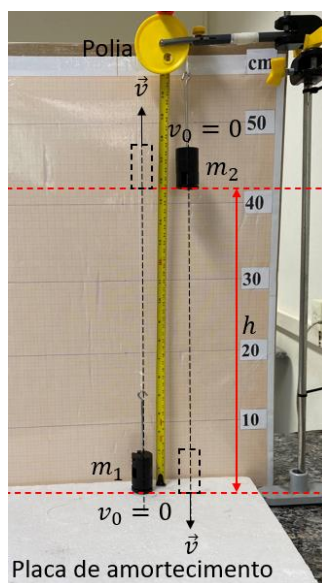
**Máquina de Atwood – Teorema do Trabalho e Energia Cinética**

**FÍSICA EXPERIMENTAL I – FEX1001**

**Joinville/SC, julho de 2022**

## 1. Objetivo

Verificar experimentalmente o Teorema do Trabalho e Energia Cinética com uma Máquina de Atwood (*Figura 1*).



*Figura 1: Máquina de Atwood.*

## 2. Teoria

O Teorema do Trabalho e Energia Cinética é escrito como  $\Delta K_{total} = W_{total}$  [1] onde  $\Delta K_{total}$  é a variação da energia cinética total do sistema e  $W_{total}$  é o trabalho total realizado no sistema. Para a Máquina de Atwood [2] da *Figura 1*, onde as massas  $m_1$  e  $m_2 > m_1$  estão unidas através de um fio ideal e inextensível que passa por uma polia ideal, com as massas partindo do repouso e percorrendo uma distância  $h$ , obtém-se

$$K_{Total} = W_g, (1)$$

onde  $K_{Total} \equiv \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$  (2) é a energia cinética total de translação e  $W_g \equiv (m_2 - m_1)gh$  (3) é o trabalho gravitacional realizados pelas massas ao percorrer uma distância  $h$ .

## 3. Descrição da Experiência

Nesta experiência, a massa total do sistema é mantida constante ( $M_{total} = cte$ ). Para cada diferença de massas ( $m_2 - m_1$ ) escolhida arbitrariamente é medido o tempo de queda  $t$  da massa  $m_2$  de uma altura  $h$ . A partir das medidas do tempo e distância percorrida, são calculados o trabalho gravitacional e a energia cinética total no final do percurso.

## 4. Equipamento/Material

- 1 tripé, 1 haste longa, 1 polia com haste, 1 prendedor, 1 fio, 1 conjunto de massas, 1 placa para amortecimento, trena, balança digital e cronômetro digital ou filmadora do celular.

## 5. Procedimento Experimental

**Caso a balança digital não esteja funcionando, considerar os valores de referência como números inteiros (precisão infinita  $\Delta m = 0 g$ ).**

- Conecte a haste longa no tripé e com prendedor conecte a polia no topo da haste, certifique que a polia fique no plano vertical e passe o fio na polia.
- Consulte a **Seção 7. Conjunto de massas do laboratório**, identifique o conjunto a ser utilizado.
- Coloque na balança digital todas as massas (suporte de massas e massas) e anote a massa total  $M_{total}$  na **Tabela 1**.
- Coloque uma placa de amortecimento na bancada, abaixo da polia. A massa  $m_1$  partirá sempre da placa e a massa  $m_2$  partirá sempre da mesma altura  $h$  (cerca de 40 cm) da placa. Meça com trena a altura  $h$  e identifique o erro de escala da trena  $\Delta h$  e o erro de escala do tempo  $\Delta t$  do método utilizado e anote.
- Para cada massa da referência da **Tabela 1**, pese na balança digital, anote, e pendure cada uma das massas nas extremidades do fio e meça o tempo de queda da massa  $m_2$ , com instrumento de medida [3] e anote os valores na tabela. Escolha uma das alternativas para medida do tempo.
  - Cronômetro digital:** Cronometre várias vezes até encontrar três valores próximos do tempo.
  - Vídeo-análise:** Posicione a filmadora frontalmente a meia-altura da placa de amortecimento de uma distância que apareçam as duas massas. Grave três vídeos, faça vídeo-análise e obtenha o tempo.

## 6. Resultados

### I. Identificação das variáveis físicas e os instrumentos utilizados para medida ou medida indireta.

Identifique as variáveis das quantidades físicas (veja a 3. Descrição da Experiência) e o erro de escala dos instrumentos de medida (veja o 4. Equipamento/Material) utilizados ou o erro propagado da medida indireta.

Quantidade Física	Variável	Instrumento/Medida indireta	Erro de escala/propagado
Trabalho gravitacional $W_g$		Medida indireta	<b>Tabela 3</b>
Energia cinética total $K_{total}$		Medida indireta	<b>Tabela 3</b>

### II. Tabelas.

Tabela 1 (* valor de referência)								Tabela 2		Tabela 3	
$M_{total}(kg) =$		$h(m) =$		$\Delta h(m) =$		$\Delta t(s) =$		$W_g(J)$	$K_{Total}(J)$	$\Delta W_g(J)$	$\Delta K_{Total}(J)$
$m_2(g)^*$	$m_2(g)$	$m_1(g)^*$	$m_1(g)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$\bar{t}(s)$				
160		160						0	0		
170		150									
180		140									
190		130									
200		120									
210		110									

(a) Calcule o tempo médio e complete a **Tabela 1**.

(b) Calcule pela equação (3) o trabalho gravitacional realizados pelas massas e complete a **Tabela 2**. Considere como valor de referência  $g = 9,79061 m/s^2$  [4].

(c) Pela equação de MRUV [5] de um objeto que parte do repouso e desloca  $h$  em um tempo  $t$ , a velocidade é  $v = \frac{2h}{t}$  (4). Usando o tempo médio obtido anteriormente, calcule a energia cinética total pela equação (2).

(d) Determine a equação do erro propagado no trabalho gravitacional pela equação (3) e a equação do erro propagado na energia cinética total pela equação (2) e calcule e complete a **Tabela 3**.

### III. Construção de gráfico linear e determinação dos coeficientes $a'$ e $b'$ da equação da reta $y'(x') = a'x' + b'$ .

(a) A partir da **Tabela 2**, faça um gráfico linear.

(b) Indique na reta obtida no gráfico, os pontos  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ . Apresente os valores lidos com suas respectivas unidades.

(c) A partir dos valores dos pontos  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , calcule os coeficientes o valor de  $a'$  e  $b'$  com suas respectivas unidades.

(d) Linearize a equação (1) para o gráfico construído e obtenha as equações para  $a'$  e  $b'$ .

### IV. Verificação Experimental do Teorema do Trabalho e Energia Cinética e Erro.

(a) A partir dos valores de  $a'$  e  $b'$  da 6.III.(c) e das equações obtidas na linearização da 6.III.(d), verifique o Teorema do Trabalho e Energia Cinética.

(b) Determine o erro percentual. Quais são as possíveis fontes de erro?

### 7. Conjunto de massas do laboratório (\* valor de referência)

PHYWE		3B SCIENTIFIC (dourado)	
Peças	Total	Peças	Total
2 x 10 g (suporte)	20 g	2 x 50 g (suporte)	100 g
5 x 10 g	50 g	5 x 10 g	50 g
5 x 50 g	250 g	3 x 50 g	150 g
		4 x 5 g	20 g
$M_{total}$	320 g	$M_{total}$	320 g

### Referências

[1] HALLIDAY, D., RENSHICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 1 – Mecânica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.

[2] Experiência 4 – Máquina de Atwood – Leis de Newton, FEX1001, UDESC/CCT, Joinville, 2022.

[3] Instrumentos de medidas, FEX1001, UDESC/CCT, Joinville, 2022.

[4] <https://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=e856809e0d522d3153e2e7e8ec263bf2>

Para localidade Joinville/SC, Brasil

[5] Experiência 3 – Movimento Retilíneo Uniformemente Variável, FEX1001, UDESC/CCT, Joinville, 2022.