

AL 3.1 — Relação entre a variação de energia cinética e a distância percorrida

10.º Ano

Física e Química A

3 páginas

Atividade laboratorial

Objetivo: Verificar experimentalmente que, sob uma força constante, a variação da energia cinética é diretamente proporcional à distância percorrida, determinando essa força a partir do declive de um gráfico $\Delta E_c(d)$ e quantificando o efeito do atrito.

Material e reagentes

- Carrinho de dinâmica de massa conhecida ($m = 0,500 \text{ kg}$ — verificar na balança)
- Fio inextensível, roldana fixa à margem da bancada e massa suspensa de 300 g (força constante: $F = m \cdot g = 2,94 \text{ N}$)
- Régua graduada (0–2,0 m) e fita adesiva para marcar distâncias
- Photocélula/luz cortada ou aplicação de vídeo (60 fps) para medir a velocidade final
- Dinamómetro (0–10 N) para verificar a força no fio
- Bancada com nível de bolha e calços

Normas de segurança

- Nivelar a bancada antes de cada série: qualquer inclinação acrescenta uma força constante não contabilizada.
- Manter os dedos fora do percurso do carrinho e da massa suspensa em movimento.
- Fixar bem a roldana: se o fio saltar, a massa cai.
- Não exceder 2,0 m de percurso — depois disso o carrinho perde a bancada.

Cuidado experimental: a massa suspensa mantém a força *constante* (é o seu peso, desde que o sistema arraste sem acelerar a massa para cima/baixo em excesso) e a velocidade inicial tem de ser nula em cada ensaio — se o carrinho já vier em movimento, ΔE_c deixa de ser igual ao trabalho da força.

Procedimento

1. **Nivelar** a bancada e compensar o atrito: inclinar ligeiramente até o carrinho deslizar a velocidade constante (sem massa suspensa) — anota a inclinação e mantém-a em toda a experiência.
2. Ligar o carrinho ao fio que passa pela roldana e suspender os 300 g; **verificar com o dinamómetro** que a força no fio é $F \approx 2,94 \text{ N}$.
3. Marcar na régua as distâncias $d = 0,50 / 1,00 / 1,50 / 2,00 \text{ m}$, medidas a partir do ponto de repouso.
4. Para cada distância: colocar o carrinho no repouso, largar e **medir a velocidade final** exatamente no fim da distância (photocélula ou vídeo).
5. **Repetir 3 vezes** cada distância e calcular a média de v .
6. Calcular $\Delta E_c = \frac{1}{2} m v^2$ para cada ponto ($m = 0,500 \text{ kg}$).
7. Construir o gráfico $\Delta E_c (y)$ contra $d (x)$ e determinar o declive da reta de regressão.
8. Comparar o declive com F medida no dinamómetro e quantificar o desvio.

Registo de dados

Tabela 1 — Parâmetros do sistema

Grandeza	Símbolo	Valor
Massa do carrinho	m	0,500 kg
Massa suspensa	m_s	0,300 kg ($\rightarrow F = 2,94\text{ N}$)
Força medida no fio (dinamómetro)	F	 N
Velocidade inicial	v_0	0 m/s (repouso)

Tabela 2 — Velocidades medidas e energia cinética (esperado com $F = 2,94\text{ N}$)

d (m)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v_3 (m/s)	$\bar{v}$ (m/s)	$\Delta E_c = \frac{1}{2}m\bar{v}^2$ (J)
0,50	2,41	2,43	2,42	2,42	1,47
1,00	3,42	3,44	3,43	3,43	2,94
1,50	4,19	4,21	4,20	4,20	4,41
2,00	4,84	4,86	4,85	4,85	5,88

Três repetições por ponto reduzem o erro aleatório de v (incerteza da fotocélula/vídeo $\approx \pm 0,02\text{ m/s}$). As médias e ΔE_c estão calculados — confirma: $\frac{1}{2} \times 0,500 \times 2,42^2 \approx 1,47\text{ J}$, $\frac{1}{2} \times 0,500 \times 4,85^2 \approx 5,88\text{ J}$.

Tratamento de resultados

(a) Verificação da proporcionalidade — o gráfico $\Delta E_c(d)$ deve dar uma **reta que passa pela origem** (atrito compensado) ou com pequena interseção negativa (atrito residual):

$$\text{declive} = \Delta(\Delta E_c) / \Delta d = (2,94 - 1,47) / (1,00 - 0,50) = \mathbf{2,94\text{ N}}$$

(b) Comparação com a força medida:

$$F_{\text{dinamómetro}} = 2,94\text{ N} \cdot F_{\text{gráfico}} = 2,94\text{ N} \rightarrow \text{desvio} = \mathbf{0\% \text{ (caso ideal)}}$$

Com atrito não compensado o declive fica **abaixo** da força aplicada: por exemplo, com $F_{\text{gráfico}} = 2,85\text{ N}$, desvio = $(2,85 - 2,94)/2,94 = -3,1\%$ — a diferença é exatamente o trabalho do atrito ao longo do percurso.

(c) Coerência pelo Teorema da Energia Cinética: para $d = 2,00\text{ m}$, $W = F \cdot d = 2,94 \times 2,00 = 5,88\text{ J} = \Delta E_c$ medido $\checkmark$ — gráfico e teorema dizem o mesmo.

Análise e conclusão

1. Porque é que o gráfico $\Delta E_c(d)$ tem de ser uma reta quando a força é constante? O que representa o seu declive?
2. Se a massa do carrinho fosse o dobro (mesma massa suspensa, mesma distância), o que acontecia ao declive? E à velocidade final?
3. Explica o efeito de não nivelar a bancada: que força extra entra no problema e como se reflete no gráfico (interseção? declive alterado?).
4. Onde se mede a velocidade e porque tem de ser *imediatamente* ao fim da distância d ?
5. Justifica a necessidade de partir sempre do repouso e de repetir cada ponto três vezes.
6. Comunica a conclusão da atividade numa frase, comparando declive e força medida e indicando o desvio obtido.

Leitura dos resultados: o declive é a força resultante — se o gráfico der 2,94 N e o dinamómetro indicar 2,94 N, o Teorema da Energia Cinética está verificado dentro da precisão experimental. Se o declive ficar sistematicamente abaixo, o desvio não é «erro de aluno»: é o atrito não compensado, e pode ser quantificado (−3,1 % no exemplo).

Fontes de erro sistemático

Falha experimental	Efeito no gráfico	Melhoria
Bancada não nivelada (gravidade a favor)	declive acima da força medida	nível + compensação com calços
Atrito não compensado	declive abaixo; interseção negativa	inclinação de compensação até v constante
Fio não horizontal / roldana a arrastar	força real diferente de $m_s \cdot g$	fio paralelo à bancada; roldana livre
Velocidade inicial $\neq 0$	ΔE_c superestimado	largar do repouso; photogate de início
Medição de v (v^2 amplifica o erro)	dispersão vertical	3 repetições + média; vídeo 60 fps

Ligação à ficha de teoria: esta atividade executa a relação $\Delta E_c = F \cdot d$ da ficha «Variação de energia cinética e distância» — lá estão a leitura de declive e o tratamento estatístico; aqui executam-se o controlo de variáveis e a recolha de dados.