



Universidade Federal do ABC

## BCJ0205 - Fenômenos Térmicos

### Exp 1 - Lei dos Gases (Boyle-Mariotte)

---

Professor: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2019  
Turma: \_\_\_\_\_ Turno (D/N): \_\_\_\_\_ Campus (SA/SB): \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_

---

## 1 Objetivos

O objetivo do experimento é relacionar as propriedades macroscópicas de um gás (ar atmosférico) e ajustá-las graficamente, com a finalidade de obter uma aproximação da lei dos gases ideais, mais precisamente a relação de Boyle-Mariotte. A aplicação de um modelo ideal possibilita ainda uma estimativa do trabalho realizado sobre o gás. Verificar experimentalmente a validade da Lei de Boyle-Mariotte para um modelo de gás ideal e determinar a constante universal dos gases.

## 2 Introdução

Um gás ideal é definido como um gás hipotético formado por partículas pontuais, sem atração nem repulsão entre elas e cujos choques são perfeitamente elásticos (conservação do momento e da energia cinética), obedecendo todos os pressupostos da Teoria Cinética dos Gases. Embora não exista na natureza um gás com as propriedades exatas de um gás ideal, todos os gases reais se aproximam do estado ideal em concentrações suficientemente baixas, ou seja, em condições nas quais as moléculas estão tão distantes que praticamente não interagem, e a alta temperatura (muito acima do ponto de liquefação do gás). Empiricamente, observa-se uma série de relações entre a temperatura, pressão e o volume que dão lugar à lei dos gases ideais, deduzida pela primeira vez por Émile Clapeyron, em 1834:

$$PV = nRT \quad (1)$$

onde  $p$  é a pressão total (ou absoluta) do gás,  $V$  seu volume,  $T$  sua temperatura,  $n$  o número de mols e  $R=8,3145 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  é a constante universal dos gases.

A Lei dos gases é uma formulação matemática obtida com a junção dos resultados dos trabalhos de Robert Boyle-Mariotte (1627 – 1691), Jacques Charles (1746 – 1823) e Amedeo Avogadro (1776 – 1856):

**Lei de Charles:** O volume de uma massa específica de um gás a uma pressão constante é diretamente proporcional a sua temperatura absoluta. Em outras palavras, dobrando a temperatura de um gás, seu volume também é dobrado:

$$\frac{V}{T} = \text{constante} \quad (2)$$

**Lei de Boyle-Mariotte:** O volume de uma determinada massa de um gás a uma temperatura constante é inversamente proporcional a sua pressão. Em outras palavras, dobrando a pressão de um gás, seu volume cai pela metade:

$$PV = \text{constante} \quad (3)$$

**Lei de Avogadro:** Volumes iguais de todos os gases à mesma temperatura e pressão contém o mesmo número de moléculas.

### 3 Procedimento experimental

Para esta experiência o laboratório didático depende de dois tipos de kits, que podem obter os mesmos resultados do ponto de vista do fenômeno estudado, bem como do ponto de vista didático. No entanto é importante ter atenção no tipo de kit utilizado, pois há diferenças importantes na operação e limites técnicos de cada tipo.

#### 3.1 Materiais

- termômetro;
- Kit Romatex para estudo da Lei dos Gases (diâmetro do pistão:  $\phi = 30,0(5) \text{ mm}$ ), ou kit Hidro Didática (HD) já graduado em mililitros, de acordo com as fotos na figura 1.



Figura 1: Fotos dos arranjos experimentais, à esquerda o kit Romatex, e à direita o kit da Hidro Didática.

#### 3.2 Métodos

1. Abrir a válvula e ajustar o pistão para que se tenha o máximo volume. (Ajuste até a marcação de aproximadamente 13 cm no Romatex ou 50 ml no HD). **Atenção:** antes de fechar a válvula verifique se a marcação no cilindro quando o volume é zero corresponde ao zero da escala e **estime a diferença caso não corresponda.**
2. Fechar a válvula e movimentar o pistão até que o manômetro indique a menor pressão possível. (Obs: O manômetro indica uma pressão em  $\text{kgf/cm}^2$ ,  $1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$ )
3. Medir a temperatura ambiente.
4. Variar a pressão entre 0 e  $0,8 \text{ kgf/cm}^2$  no Romatex, ou até  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$  no HD. Anotar os valores correspondentes da posição do pistão, com as incertezas associadas na tabela 1. Note que a pressão indicada é a **pressão manométrica** ( $P_{\text{man}}$ ), ou seja, a diferença de pressão entre o interior e o exterior do cilindro.

**ATENÇÃO:** o kit HD não deve receber pressão acima de  $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ !!

**ATENÇÃO:** AO FINAL DAS MEDIDAS RETORNAR O PISTÃO À POSIÇÃO INICIAL.

## 4 Resultados e Discussões

1. (5 pontos) Anote no espaço abaixo o valor da temperatura ambiente.

Temperatura ambiente:  $T = \text{_____} \pm \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$

1. \_\_\_\_\_

2. (20 pontos) Preencha com os valores correspondentes da pressão e posição do pistão a tabela 1 indicando qual a sua medida de posição do pistão. Aguarde até o item 7 para preencher as ultimas duas colunas.

2. \_\_\_\_\_

Medida	$P_{\text{man}}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{P_{\text{man}}}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$h$ (cm) ou $V$ (ml) _____	$\sigma_h$ (cm) ou $\sigma_V$ (ml) _____	$P_{\text{tot}} \cdot V$ _____	$\sigma_{P_{\text{tot}} \cdot V}$ _____
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

Tabela 1: Dados experimentais coletados do kit didático.

3. (15 pontos) No espaço destinado à figura 2 faça um gráfico no papel milimetrado de  $P_{\text{man}}$  por  $h$  (ou  $V$ ) usando os dados anotados na tabela 1.

3. \_\_\_\_\_

4. (15 pontos) No espaço destinado à figura 3 construa a versão linearizada do gráfico da figura 2, deixando algum espaço para valores negativos do eixo correspondente à pressão.

4. \_\_\_\_\_

5. (5 pontos) Ajuste uma reta aos pontos do gráfico na figura 3, usando o método das retas máxima e mínima, determinando seus coeficientes angular e linear com suas respectivas incertezas. Explícite os cálculos no espaço abaixo.

5. \_\_\_\_\_

6. (5 pontos) A partir dos dados de pressão obtidos com o gráfico da figura 3 como é possível determinar o valor da pressão atmosférica no seu campus? Compare o resultado obtido com os valores de referência da tabela 2 e argumente sobre a consistência entre eles. Obs.: Considere que os dois *campi* da UFABC situam-se em altitudes entre 700 e 800 metros acima do nível do mar.

6. \_\_\_\_\_

7. (5 pontos) Preencha as duas últimas colunas da tabela 1 com os valores do produto  $P_{\text{tot}} \cdot V$  e suas incertezas, onde  $P_{\text{tot}}$  é a pressão total calculada somando-se a pressão atmosférica obtida no item anterior aos valores de  $P_{\text{man}}$  medidos.

7. \_\_\_\_\_

8. (15 pontos) No espaço reservado à figura 4, faça o gráfico de  $P_{\text{tot}} \cdot V$  por  $h$  (ou  $V$ ). Justifique se o produto  $P_{\text{tot}} \cdot V$  pode ou não ser considerado constante.

8. \_\_\_\_\_

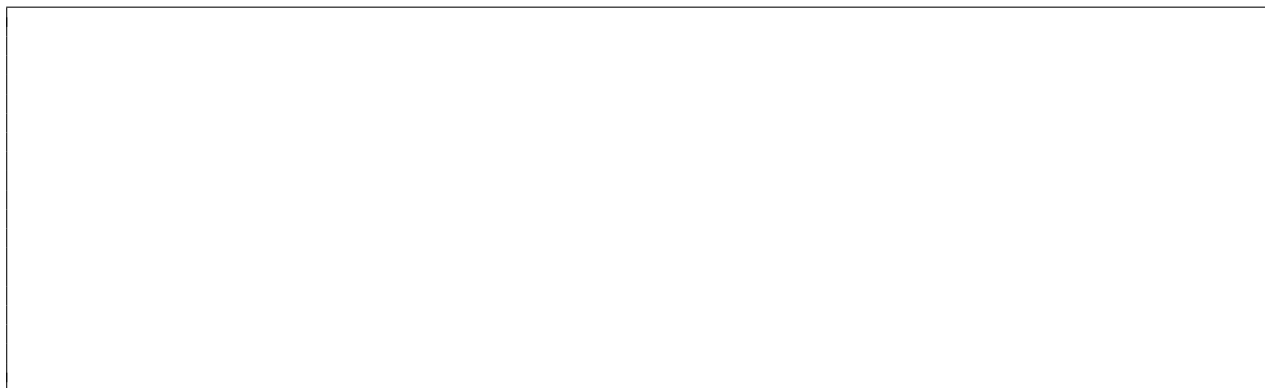
9. (5 pontos) Estime o valor da constante  $P_{\text{tot}} \cdot V$  ajustando-se uma reta horizontal ao gráfico da figura 4, utilizando para isso um método inspirado no das retas máxima e mínima.

9. \_\_\_\_\_

10. (5 pontos) Determine o número de mols de ar que foi utilizado dentro do cilindro neste experimento, considerando-se o ar como um gás ideal. Dica: calcule o valor a partir do máximo volume, quando  $P_{\text{man}} = 0 \text{ kgf/cm}^2$  e utilizando o valor da constante universal dos gases  $R = 8,371 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$  e a pressão atmosférica obtida do ajuste. Explícite os cálculos.

10. \_\_\_\_\_

11. (5 pontos) A partir do resultado do item anterior e do valor do coeficiente angular do ajuste do gráfico da figura 4, determine o valor da constante universal dos gases nas unidades do SI. Compare com o valor  $R = 8,371 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$  e argumente sobre a consistência entre eles.



11. \_\_\_\_\_

	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C
700 m	0,9537	0,9543	0,9549	0,9555	0,9561
800 m	0,9429	0,9436	0,9443	0,9450	0,9457
900 m	0,9323	0,9331	0,9338	0,9346	0,9353

Tabela 2: Pressão atmosférica em função da temperatura e da altitude acima do nível do mar. Unidades em  $\text{kgf/cm}^2$ [5].

## Pontos

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Pontos:	5	20	15	15	5	5	5	15	5	5	5	100
Notas:												

## Referências

- [1] H. Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica - 2, Editora Edgard Blücher (1996)
- [2] R.A Serway, J.W. Jewett Jr., Princípios de Física - vol. 2, Cengage Learning (2004)
- [3] A. A. Campos, E. S. Alves, N. L. Speziali, Física experimental basica na Universidade, Ed. UFMG (2008).
- [4] Otaviano A. M. Helene e Vito R. Vanin, Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental - Editora Edgard Blücher, 2ª edição (1991).
- [5] Aureo S. de Oliveira, FUNDAMENTOS DE METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA, Capítulo 8 – NEAS/UFRB - <https://www.ufrb.edu.br/neas/documento/category/8-cca-035-meteorologia-e-climatologia-agricola?download=44:cap-8-pratm>, último acesso em 03/02/2017

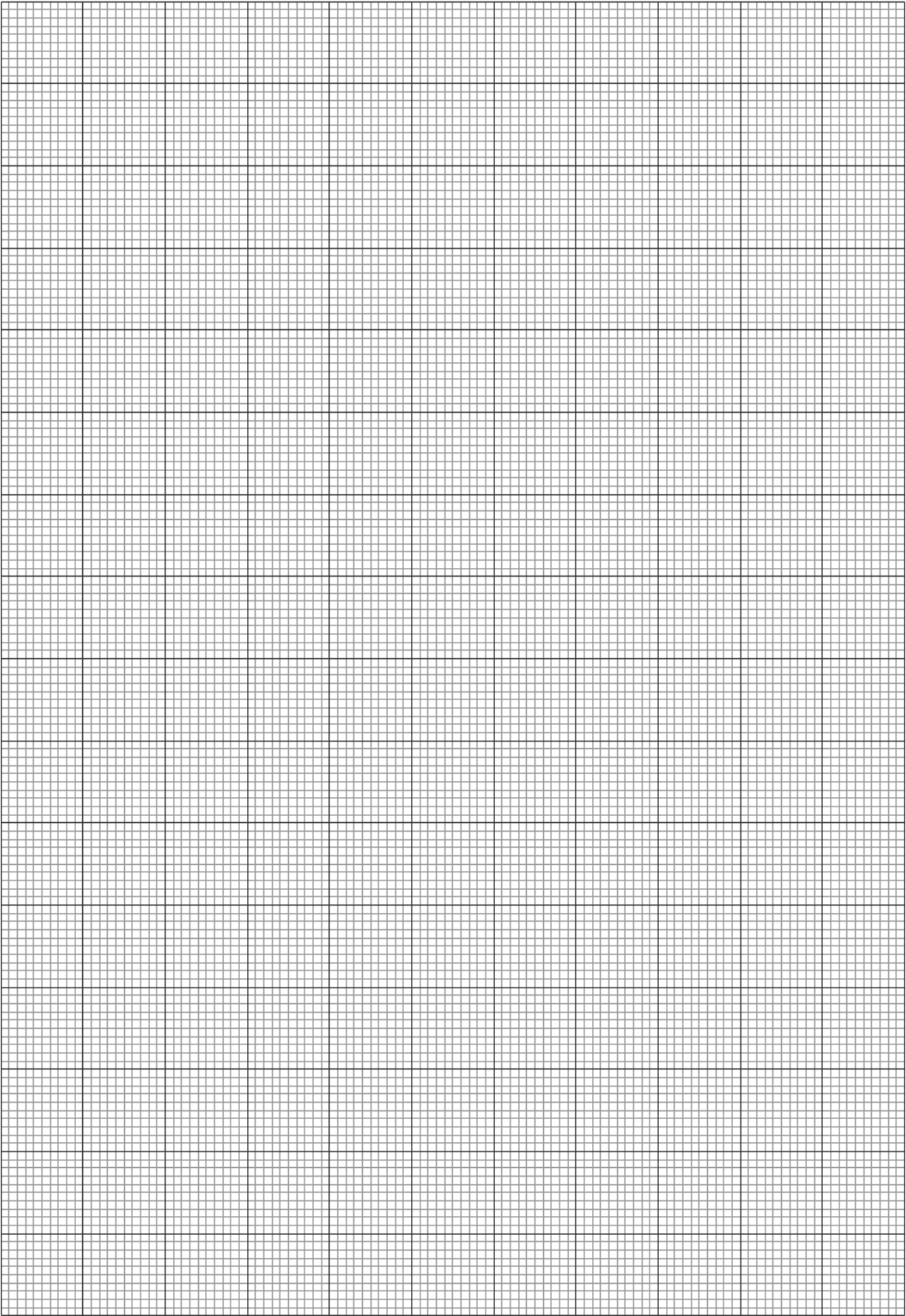


Figura 2: -----

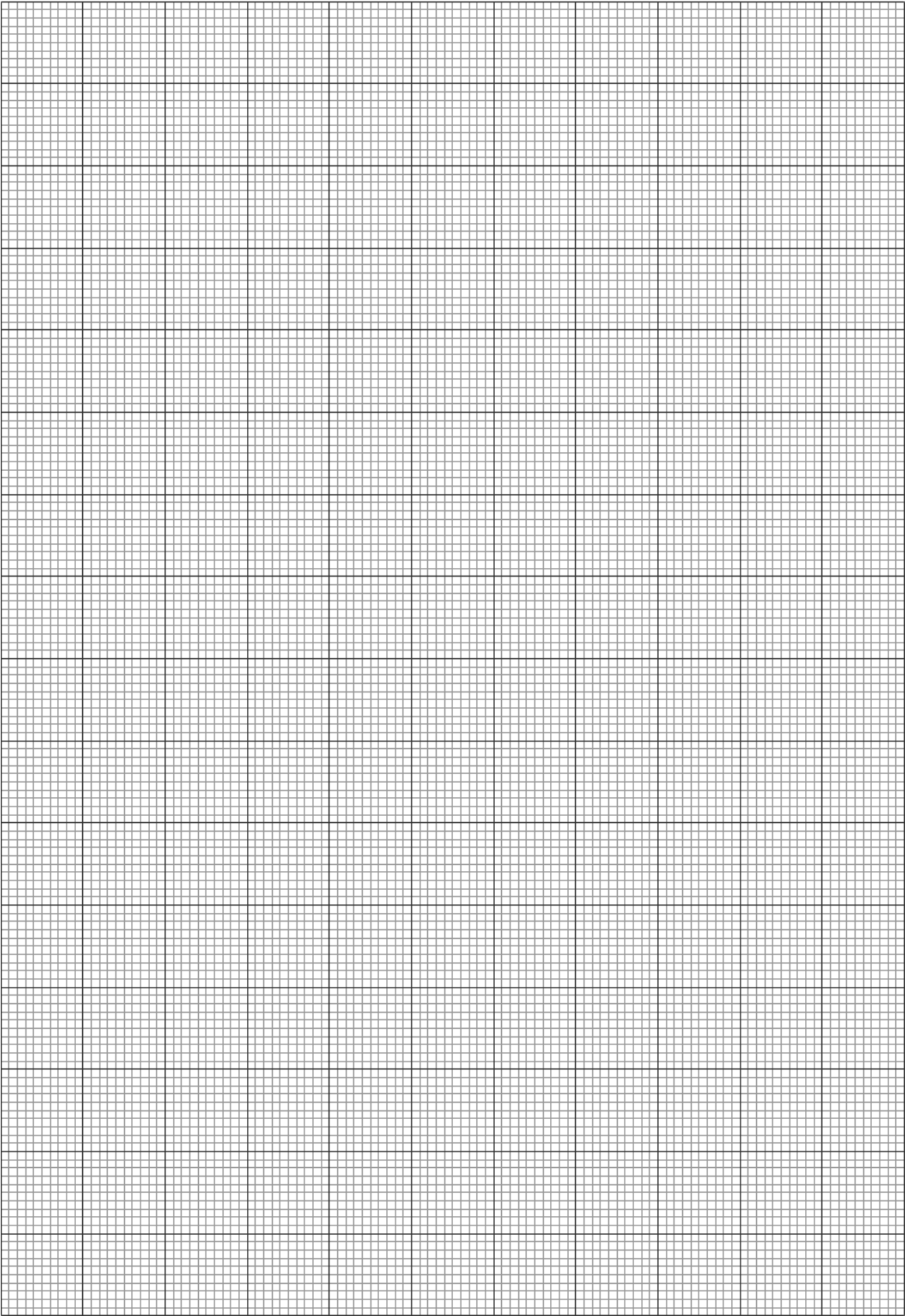


Figura 3: -----



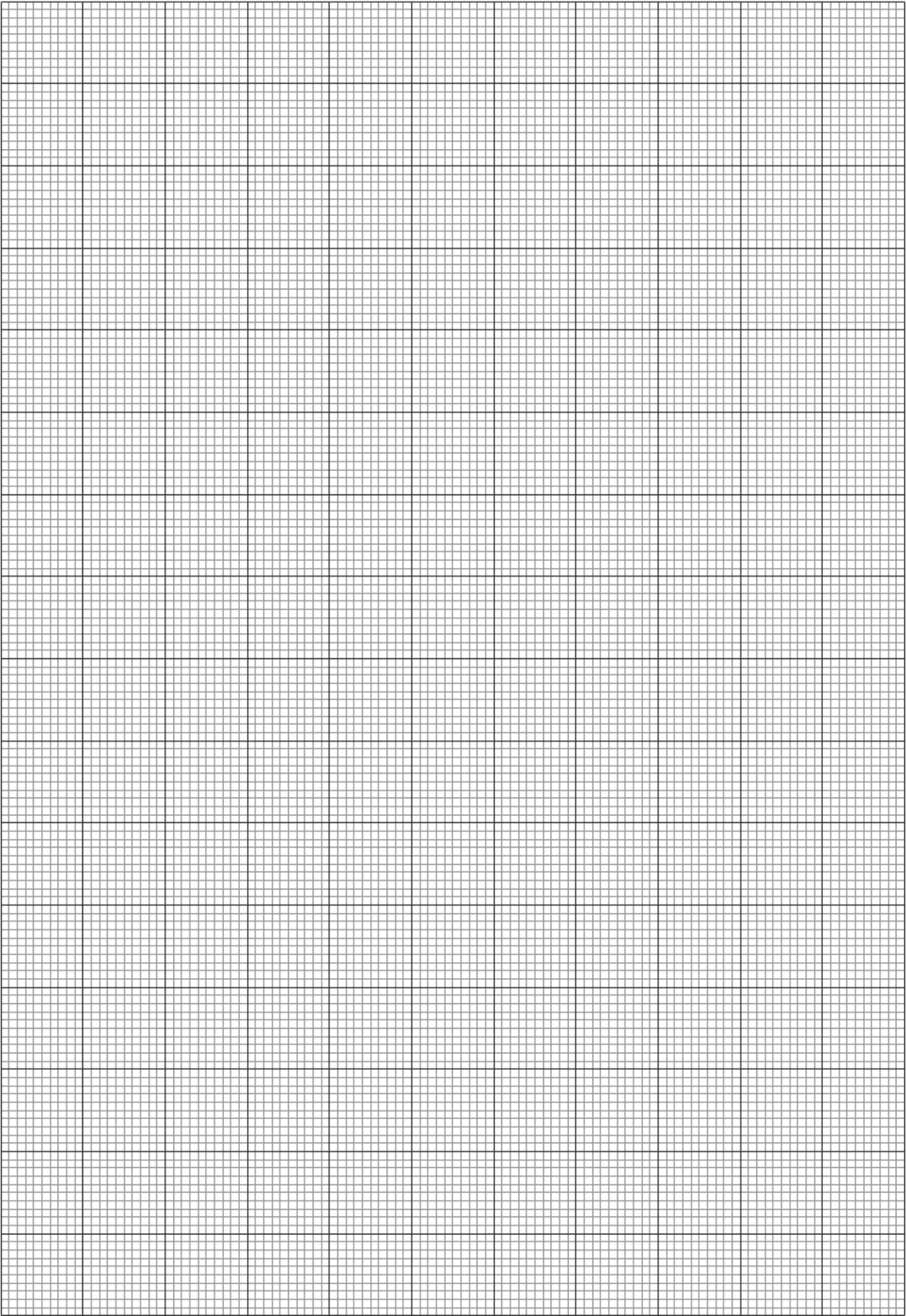


Figura 4: -----