Guía docente: práctica de laboratorio «Lei de Boyle-Mariotte»

Ficha rápida

Práctica de laboratorio simulada na que o alumnado pecha aire nunha xeringa cunha chave de tres vías, cambia o seu volume co émbolo, le a presión nun manómetro de agulla e comproba que, a temperatura constante, o produto P · V non cambia. Non é unha explicación proxectada, senón unha práctica que fai cada alumno ou cada parella: a simulación nunca dá a presión nin o volume e hai que lelos nas escalas, e os erros de procedemento teñen as mesmas consecuencias que no laboratorio. En Galicia o seu uso principal é 4.º de ESO, con aplicación en 1.º de Bacharelato.

Dato	Detalle
Ligazón	simulaciencia.es/gl/simulacions/practica-boyle
Guión do alumnado	simulaciencia.es/gl/guions/practica-boyle, en Word e LibreOffice para adaptalo, e en PDF
Cursos	4.º de ESO (uso principal), 1.º de Bacharelato
Materia	Física e Química
Duración orientativa	Unha sesión de 50 minutos: 20 co nivel guiado e 20 co nivel libre e o guión. En 4.º pode estenderse a dúas sesións
Agrupamento	Individual ou por parellas, cun ordenador, tableta ou móbil por grupo
Material	Navegador, sen instalar nada. O guión impreso ou en dixital para o nivel libre, e papel milimetrado se as gráficas se fan a man
Coñecementos previos	Presión e as súas unidades (kPa), presión atmosférica, volume en mL, modelo de partículas dun gas
Accesibilidade	Tema escuro, claro e de alto contraste (botón da engrenaxe). Manéxase co rato, co dedo ou co teclado, e «Describir as escalas» di onde están a agulla e o émbolo

Como funciona a práctica

Na mesa hai un manómetro de agulla, unha chave de tres vías, unha xeringa deitada e unha lupa. O mango do émbolo e a lupa arrástranse co rato ou co dedo, e a panca da chave prémese. No móbil, uns botóns debaixo da mesa abren e pechan a chave e moven o émbolo.

A chave ten tres saídas: o manómetro, a xeringa e o aire da sala. A panca apunta á saída que pecha. **Cara arriba**, todo está aberto ao aire e a presión é a da sala. **Cara abaixo**, o aire da xeringa queda pechado co manómetro e, desde ese momento, sempre é o mesmo aire.

Dous niveis

Nivel	Que fai o alumnado	Que comproba a simulación
Guiada (paso a paso)	Segue nove pasos numerados e anota sete medidas nun caderno de laboratorio na pantalla (40, 35, 30, 25, 20, 50 e 60 mL). Ve os seus puntos nas gráficas P–V e P–1/V, predí a presión con 45 mL e responde unha pregunta de partículas	Cada lectura e cada cálculo ao anotalo, a predición e a resposta. Sempre usa a xeringa de 60 mL e o manómetro absoluto
Libre (con guión)	Segue o guión do alumnado, elixe a xeringa e o manómetro, decide onde pecha a chave e a que volumes mide, e fai os cálculos e as gráficas na folla	Nada. Só pon os instrumentos e o número da montaxe. Corrixe o profesorado coa clave desta guía

Os nove pasos do nivel guiado son: poñer o émbolo en 40 mL coa chave aberta; ler a presión da sala; pechar a chave; empurrar ata 35, 30, 25 e 20 mL e ler; tirar ata 50 e 60 mL e ler; calcular P · V en cada medida; mirar a gráfica P fronte a 1/V; predicir a presión con 45 mL e comprobala, e explicalo con partículas.

Instrumentos do nivel libre

Instrumento	Escala	División
Xeringa de 60 mL	De 0 a 60 mL	1 mL
Xeringa de 20 mL	De 0 a 20 mL	0,5 mL
Manómetro absoluto	De 0 a 200 kPa	2 kPa
Manómetro relativo, con barómetro de parede	De −100 a 100 kPa	2 kPa

O manómetro relativo marca canto pasa a presión do aire da atmosférica (ou canto lle falta, con números negativos), como o das rodas dunha bici. Para ter a presión absoluta hai que sumarlle a que marca o barómetro da parede, que está en hPa.

O que hai que saber da medida

- **Nin a presión nin o volume aparecen escritos.** Lense coa lupa na escala do manómetro e na da xeringa.
- **O volume lese no bordo da goma que toca o aire,** o da esquerda. O outro bordo dá uns mililitros de máis.
- **A agulla pásase se o émbolo se move rápido.** Ao empurrar rápido, o aire quéntase un pouco e a presión sobe de máis; ao tirar rápido, arrefría. En uns 4 segundos volve á temperatura da sala e a agulla párase. A primeira vez, un aviso explícao. É a razón de que a lei pida temperatura constante, e pode comentarse na aula.
- **Cada número de montaxe é sempre o mesmo día de laboratorio:** a presión atmosférica (a habitual en Madrid, de 93 a 96 kPa, pola altitude; ao nivel do mar sería duns 101 kPa) e a temperatura da sala. Ao abrir a práctica sae unha montaxe ao chou; pódese elixir outra no despregable ou con «Outro ao chou».
- **No nivel guiado** dáse por bo o volume exacto e a presión a menos de media división (1 kPa). Con esas lecturas, P · V sae igual en todas as medidas con menos dun 3,5 % de diferenza.

Erros con consecuencias

Os erros de procedemento non se castigan de forma arbitraria: cada un estraga a medida por unha razón física que se pode explicar na aula.

Erro	Que pasa na simulación
Medir coa chave aberta	O aire entra e sae pola chave: a presión é sempre a da sala e non cambia co volume. No nivel guiado, a simulación non deixa pechar a chave antes de ler a presión da sala
Ler sen esperar a que a agulla se pare	A lectura sae alta ao empurrar e baixa ao tirar, e P · V non se repite
Ler o volume polo bordo equivocado da goma	Todos os volumes saen uns mililitros de máis e P · V crece co volume
Empurrar ata pasar do final da escala do manómetro	O tubo sóltase, escapa aire e hai que empezar de novo coa mesma montaxe
Tirar do émbolo máis alá da última raia	O émbolo sae da xeringa, entra aire e hai que empezar de novo
Abrir a chave despois de empezar a medir (nivel guiado)	Entra ou sae aire, xa non é o mesmo gas e hai que empezar de novo
Pechar a chave coa xeringa chea e empurrar moito (nivel libre)	Pechando en 60 mL, a presión pasa de 200 kPa antes de chegar a 20 mL e o tubo sóltase. O guión pide pechar en 40 mL

Repartir a práctica xa preparada

O enderezo da práctica admite catro parámetros, que se poden combinar e pegar en Classroom, Moodle ou Teams:

Parámetro	Efecto	Exemplo
`nivel=libre`	Abre o nivel libre	simulaciencia.es/gl/simulacions/practica-boyle/?nivel=libre
`montaje=N`	Empeza coa montaxe N (de 1 a 12)	.../practica-boyle/?nivel=libre&montaje=7
`jeringa=20`	No nivel libre, empeza coa xeringa de 20 mL	.../practica-boyle/?nivel=libre&jeringa=20
`manometro=relativo`	No nivel libre, empeza co manómetro relativo e o barómetro	.../practica-boyle/?nivel=libre&manometro=relativo

Clave das montaxes

Para corrixir. Se se pecha a chave con V_0 mL de aire á presión da sala, en todas as medidas cúmprese **$P \cdot V = P_{atm} \cdot V_0$**. A táboa dá os valores con V_0 = 40 mL, que é o que fai o nivel guiado e o que pide o guión.

Montaxe	P_{atm} (kPa)	Sala (°C)	P · V (kPa·mL)	P con 20 mL (kPa)	P con 30 mL (kPa)	P con 45 mL (kPa)	P con 60 mL (kPa)
1	94,6	21	3784	189,2	126,1	84,1	63,1
2	93,4	22	3736	186,8	124,5	83,0	62,3
3	95,2	20	3808	190,4	126,9	84,6	63,5
4	94,1	23	3764	188,2	125,5	83,6	62,7
5	95,8	19	3832	191,6	127,7	85,2	63,9
6	93,0	24	3720	186,0	124,0	82,7	62,0

Montaxe	P_{atm} (kPa)	Sala (°C)	P · V (kPa·mL)	P con 20 mL (kPa)	P con 30 mL (kPa)	P con 45 mL (kPa)	P con 60 mL (kPa)
7	94,9	22	3796	189,8	126,5	84,4	63,3
8	93,7	20	3748	187,4	124,9	83,3	62,5
9	95,5	21	3820	191,0	127,3	84,9	63,7
10	94,3	19	3772	188,6	125,7	83,8	62,9
11	96,0	23	3840	192,0	128,0	85,3	64,0
12	93,9	22	3756	187,8	125,2	83,5	62,6

Co manómetro de agulla, a presión lese a 1 kPa como moito, así que o razoable é aceptar P · V cun 3 ou 4 % de diferenza respecto da clave. Coa xeringa de 20 mL o guión pide pechar en 15 mL, así que P · V vale P_{atm} × 15. Se un alumno pecha a chave noutro volume, o seu P · V é P_{atm} por ese volume. Co manómetro relativo, a lectura máis a presión do barómetro (pasada de hPa a kPa) ten que dar os valores da táboa.

Uso en cada curso

En 4.º de ESO a práctica serve para descubrir a lei de Boyle a partir de medidas propias; en 1.º de Bacharelato, para traballar a presión absoluta e relativa, o erro da medida e a análise de datos.

Os contidos e os criterios de avaliación citados son os do currículo de Galicia: Decreto 156/2022 (DOG do 26 de setembro de 2022) para a ESO e Decreto 157/2022 (DOG núm. 183, do 26 de setembro de 2022) para o bacharelato, que organizan cada curso en bloques.

En Galicia os gases non aparecen en 3.º de ESO: chegan en 4.º, no bloque da materia («disolucións e gases») e no da interacción («forzas e presión nos fluídos»). Por iso o uso principal vai a 4.º. Se en 4.º se dispón de dúas sesións, a segunda pode ser a proposta de 1.º de Bacharelato, sen o cálculo de moles.

4.º de ESO: descubrir a lei de Boyle

15–16 anos · 10th grade nos EUA · Year 11 no Reino Unido

Contidos. Bloque 1: «Traballo experimental e proxectos de investigación: estratexias na resolución de problemas e o tratamento do erro mediante a indagación, a dedución, a procura de evidencias e o razoamento lóxico-matemático…» e «Diversas contornas e recursos de aprendizaxe científica, como os laboratorios ou as contornas virtuais…». Bloque 2: «Sistemas materiais: resolución de problemas e outras situacións de aprendizaxe diversas sobre disolucións e gases…». Bloque 4: «Forzas e presión nos fluídos: efectos das forzas e da presión sobre os líquidos e os gases…».

Criterios de avaliación. CA1.4 (utilizar adecuadamente as regras básicas da física e da química, incluído o uso correcto de varios sistemas de unidades e as ferramentas matemáticas necesarias), CA2.1 (comprender fenómenos cotiáns relacionados cos sistemas materiais e explicalos con rigor en termos de leis e teorías), CA2.2 (resolver problemas sobre sistemas materiais mediante as leis adecuadas, expresando os resultados con corrección e precisión) e CA4.1 (comprender fenómenos cotiáns relacionados coas forzas e os seus efectos).

O currículo non nomea a lei de Boyle; entra nos problemas sobre gases do bloque 2 e na presión nos fluídos do bloque 4.

Obxectivos. Seguir un procedemento de laboratorio na orde correcta. Ler un manómetro de agulla e a escala dunha xeringa. Comprobar que, a temperatura constante, P · V non cambia. Recoñecer nunha gráfica unha relación de proporcionalidade inversa e convertela nunha recta con P fronte a 1/V. Explicar a lei co modelo de partículas.

Proposta de sesión (50 min).

1. **Pregunta inicial (5 min).** Tapar co dedo a punta dunha xeringa (real, se se ten) e empurrar o émbolo: «por que custa cada vez máis?», «que pasaría se o empurrásemos ata a metade?». Recoller predicións.
2. **Nivel guiado, por parellas (20 min).** Cada parella coa montaxe que lle saia. Ao rematar as medidas, a gráfica P–V sae curva; con P fronte a 1/V, recta. A predición con 45 mL é o momento de comprobar que a lei serve para algo.
3. **Nivel libre co guión (15 min).** Repartir montaxes distintas co parámetro `montaje=N`. As parellas pechan en 40 mL, miden nos volumes que elixan e calculan P · V.
4. **Posta en común (10 min).** Cada parella di o seu P · V. Non sae o mesmo número en toda a clase, porque cada montaxe é un día con outra presión atmosférica, pero dentro de cada parella repítese. Pechar coa pregunta de partículas: a metade de volume, o dobre de choques contra as paredes, o dobre de presión.

1.º de Bacharelato (Física e Química): presión absoluta e relativa, e erro da medida

16–17 anos · 11th grade nos EUA · Year 12 no Reino Unido

Contidos. Bloque 1: «Deseño e execución de experimentos e de proxectos de investigación en condicións de seguridade, utilizando instrumental adecuado e razoamento lóxico-matemático e analizando os resultados obtidos…». Bloque 3: «Cálculo de cantidades de materia en sistemas fisicoquímicos concretos, como gases ideais ou disolucións, así como o estudo das súas propiedades e variables de estado en situacións da vida cotiá».

Criterios de avaliación. CA1.2 (utilizar diferentes métodos para atopar a resposta a unha soa cuestión, cotexando os resultados para asegurarse da súa coherencia e fiabilidade), CA1.3 (integrar as leis e teorías científicas na validación das hipóteses, aplicando relacións cualitativas e cuantitativas entre as variables) e CA3.2 (resolver problemas sobre as substancias que participan nas reaccións aplicando as leis adecuadas).

Obxectivos. Distinguir presión absoluta e relativa e pasar dunha á outra cun barómetro. Elixir o instrumento segundo a precisión que fai falta. Obter a constante da lei a partir da pendente da recta P–1/V. Relacionar a lei de Boyle coa ecuación dos gases ideais.

Proposta de sesión (50 min).

1. **Repaso co nivel guiado (10 min).** Só ata o paso 5, para lembrar o manexo.
2. **Manómetro relativo (15 min).** No nivel libre, con `manometro=relativo`. Medir coa chave aberta: marca 0, aínda que o aire da xeringa si ten presión. Repetir as medidas sumándolle a presión do barómetro. Pregunta para discutir: por que as rodas da bici usan un manómetro relativo?
3. **Dúas xeringas (15 min).** Repetir coa xeringa de 20 mL (`jeringa=20`). Comparar canto pesa unha división de cada xeringa no erro de V e, polo tanto, no de P · V.
4. **Análise (10 min).** Facer a gráfica P fronte a 1/V con 1/V en L^{-1} (1000 / V con V en mL), trazar a recta e calcular a súa pendente: é P · V. Comparala coa media dos produtos. Con P · V e a temperatura da sala, calcular cantos moles de aire hai na xeringa con P · V = n · R · T.

Avaliación

Cada montaxe ten o seu propio P · V, e no nivel libre o alumnado elixe os volumes, así que se corrixen o procedemento e o cálculo cos datos de cada alumno e o valor da constante coa clave. Unha rúbrica sinxela:

Criterio	Que se mira
Procedemento	Pecha a chave antes de medir, move o émbolo amodo e espera a que a agulla se pare. Se tivo que empezar de novo por un erro, que explique cal foi e por que estraga a medida
Medida	Lecturas coa súa unidade e coa precisión do instrumento: o volume coa división da xeringa e a presión coa do manómetro
Cálculo	P · V ben feito en cada medida, con unidades. Co manómetro relativo, presión absoluta ben obtida co barómetro
Gráficas	Eixes con magnitude e unidade, escalas adecuadas, curva en P–V e recta en P–1/V
Conclusión	Enuncia a lei coas súas palabras, explica de onde veñen as diferenzas entre os produtos e relaciónaa co modelo de partículas

Concepcións alternativas que axuda a corrixir

Idea do alumnado	Idea correcta	Como mostralo
«Ao comprimir o aire, as partículas fanse máis pequenas»	As partículas non cambian de tamaño: redúcese o espazo baleiro entre elas	A pregunta de partículas do nivel guiado, que explica cada resposta errónea
«A presión sobe porque as partículas, máis xuntas, repélense»	Nun gas as partículas case non interaccionan; a presión débese aos seus choques contra as paredes	As mesmas partículas na metade de espazo dan o dobre de choques por segundo en cada anaco de parede
«Se o volume baixa á metade, a presión baixa á metade», «máis volume, máis presión»	Presión e volume son inversamente proporcionais: coa metade de volume, o dobre de presión	Predicir antes de empurrar de 40 a 20 mL e comprobalo no manómetro
«Unha curva que baixa é unha recta que baixa»	P–V é unha hipérbole; P–1/V é unha recta que pasa pola orixe	As dúas lapelas da gráfica do nivel guiado, cos puntos de cada alumno
«O aire da xeringa aberta non ten presión»	Ten a presión atmosférica, uns 94 kPa nestas montaxes	O manómetro absoluto marca uns 94 kPa coa chave aberta; o relativo, 0
«O aire non pesa nin empurra»	O aire da sala empurra coa presión atmosférica	O barómetro de parede e a lectura coa chave aberta
«Dá igual mover o émbolo rápido ou amodo»	Ao comprimir rápido o aire quéntase; a lei vale a temperatura constante	A agulla pásase e tarda uns segundos en volver

Simplificacións que convén coñecer

1. **Sen volume morto.** O aire do tubo e do manómetro non conta: todo o aire pechado está na xeringa. Nunha xeringa real, o aire do tubo fai que P · V saia algo distinto do esperado.
2. **Sen fugas nin rozamento.** A goma do émbolo pecha perfectamente e o émbolo queda onde se deixa, aínda que a presión de dentro sexa moi distinta da de fóra.
3. **Gas ideal.** O aire cumpre a lei exactamente en todo o intervalo de presións da práctica, como ocorre na realidade con moi boa aproximación.

4. **Quecemento suavizado.** Ao mover o émbolo rápido o aire quéntase ou arrefría só unha fracción do que o faría sen intercambio de calor, e volve á temperatura da sala en uns 4 segundos.
5. **Escalas perfectas.** O manómetro non ten erro de cero nin histérese, e a agulla non ten folgura.
6. **Axuste ao mililitro no nivel guiado.** Ao soltar o émbolo, encaixa no mililitro máis próximo para que o volume se poida ler sen dúbidas. No nivel libre queda onde se solta.

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guía publicada baixo licenza CC BY-SA 4.0: podes adaptala e compartila citando a autoría e coa mesma licenza. Versión actualizada e simulación en simulaciencia.es/gl/guias/practica-boyle/.