Irakaslearen gida: «Boyle-Mariotteren legea» laborategiko praktika

Laburpena

Laborategiko praktika simulatua da: ikasleek airea xiringa batean ixten dute hiru bideko giltza batekin, haren bolumena enboloarekin aldatzen dute, presioa orratzdun manometro batean irakurtzen dute eta egiaztatzen dute, tenperatura konstantean, P · V biderkadura ez dela aldatzen. Ez da proiektatutako azalpen bat, ikasle edo bikote bakoitzak egiten duen praktika baizik: simulazioak ez du inoiz presioa ez bolumena ematen, eta eskaletan irakurri behar dira; prozedura-akatsek laborategian dituzten ondorio berberak dituzte. Euskadin DBHko 4. mailako Fisika eta Kimikan erabiltzen da batez ere, eta Batxilergoko 1. mailan ere badu lekua.

Datua	Xehetasuna
Esteka	simulaciencia.es/eu/simulazioak/practica-boyle
Ikaslearen gidoia	simulaciencia.es/eu/gidoiak/practica-boyle, Word eta LibreOffice formatuan egokitzeko, eta PDFn
Mailak	DBHko 4. maila (erabilera nagusia), Batxilergoko 1. maila
Irakasgaia	Fisika eta Kimika
Gutxi gorabeherako iraupena	50 minutuko saio bat: 20 maila gidatuarekin eta 20 maila librearekin eta gidoiarekin
Taldekatzea	Banaka edo bikoteka, talde bakoitzeko ordenagailu, tableta edo mugikor batekin
Materiala	Nabigatzailea, ezer instalatu gabe. Gidoia, inprimatuta edo digitalean, maila librerako, eta paper milimetratua grafikoak eskuz egiten badira
Aurretiko ezagutzak	Presioa eta haren unitateak (kPa), presio atmosferikoa, bolumena mL-tan, gas baten partikula-eredua
Irisgarritasuna	Gai iluna, argia eta kontraste altukoa (engranajearen botoia). Saguarekin, hatzarekin edo teklatuarekin erabiltzen da, eta «Deskribatu eskalak» botoiak esaten du non dauden orratza eta enboloa

Nola dabil praktika

Mahaian orratzdun manometro bat, hiru bideko giltza bat, etzanda dagoen xiringa bat eta lupa bat daude. Enboloaren heldulekua eta lupa saguarekin edo hatzarekin arrastatzen dira, eta giltzaren palanka sakatu egiten da. Mugikorrean, mahaiaren azpiko botoi batzuek giltza ireki eta ixten dute eta enboloa mugitzen dute.

Giltzak hiru irteera ditu: manometroa, xiringa eta gelako airea. Palankak ixten duen irteerara seinalatzen du. **Gorantz**, dena airera irekita dago eta presioa gelakoa da. **Beherantz**, xiringako airea manometroarekin itxita geratzen da eta, une horretatik aurrera, beti aire bera da.

Bi maila

Maila	Zer egiten duten ikasleek	Zer egiaztatzen duen simulazioak
Gidatua (urratsez urrats)	Bederatzi urrats zenbakidun jarraitzen dituzte eta zazpi neurketa idazten dituzte pantailako laborategi-koaderno batean (40, 35, 30, 25, 20, 50 eta 60 mL). Beren puntuak P–V eta P–1/V grafikoetan ikusten dituzte, presioa 45 mL-rekin iragartzen dute eta partikulei buruzko galdera bati erantzuten diote	Irakurketa eta kalkulu bakoitza idaztean, iragarpena eta erantzuna. Beti 60 mL-ko xiringa eta manometro absolutua erabiltzen ditu
Librea (gidoiarekin)	Ikaslearen gidoia jarraitzen dute, xiringa eta manometroa aukeratzen dituzte, erabakitzen dute non ixten duten giltza eta zer bolumenetan neurtzen duten, eta kalkuluak eta grafikoak orrian egiten dituzte	Ezer ez. Tresnak eta muntaiaren zenbakia baino ez ditu jartzen. Irakasleak zuzentzen du, gida honetako gakoarekin

Maila gidatuaren bederatzi urratsak hauek dira: enboloa 40 mL-ra eraman giltza irekita dagoela; gelako presioa irakurri; giltza itxi; 35, 30, 25 eta 20 mL-raino bultzatu eta irakurri; 50 eta 60 mL-raino tiratu eta irakurri; neurketa bakoitzean P · V kalkulatu; P eta 1/V grafikoa begiratu; presioa 45 mL-rekin iragarri eta egiaztatu, eta partikulekin azaldu.

Maila libreko tresnak

Tresna	Eskala	Zatiketa
60 mL-ko xiringa	0tik 60 mL-ra	1 mL
20 mL-ko xiringa	0tik 20 mL-ra	0,5 mL
Manometro absolutua	0tik 200 kPa-ra	2 kPa
Manometro erlatiboa, hormako barometroarekin	−100etik 100 kPa-ra	2 kPa

Manometro erlatiboak markatzen du airearen presioa atmosferikoa baino zenbat handiagoa den (edo zenbat txikiagoa, zenbaki negatiboekin), bizikleta baten gurpiletakoak bezala. Presio absolutua lortzeko, hormako barometroak markatzen duena gehitu behar zaio, hPa-tan dagoena.

Neurketari buruz jakin behar dena

- **Presioa eta bolumena ez dira inoiz idatzita agertzen.** Lupaz irakurtzen dira manometroaren eskalan eta xiringarenean.
- **Bolumena airea ukitzen duen gomaren ertzean irakurtzen da,** ezkerrekoan. Beste ertzak mililitro batzuk gehiago ematen ditu.
- **Orratza pasatu egiten da enboloa azkar mugitzen bada.** Azkar bultzatzean, airea pixka bat berotzen da eta presioa gehiegi igotzen da; azkar tiratzean, hoztu egiten da. 4 segundo ingurutan gelako tenperaturara itzultzen da eta orratza gelditu egiten da. Lehen aldian, abisu batek azaltzen du. Horregatik eskatzen du legeak tenperatura konstantea, eta gelan komenta daiteke.
- **Muntaia-zenbaki bakoitza beti laborategiko egun bera da:** presio atmosferikoa (Madrilen ohikoa, 93tik 96 kPa-ra, altitudearengatik; itsasoaren mailan 101 kPa ingurukoa litzateke) eta gelako tenperatura. Praktika irekitzean, ausazko muntaia bat ateratzen da; beste bat aukera daiteke zerrenda zabalgarrian edo «Beste bat ausaz» botoiarekin.
- **Maila gidatuan** bolumen zehatza onartzen da, eta presioa zatiketa-erdia baino gutxiagora (1 kPa). Irakurketa horiekin, P · V berdina ateratzen da neurketa guztietan, % 3,5 baino diferentzia txikiagoarekin.

Ondorioak dituzten akatsak

Prozedura-akatsak ez dira modu arbitrarioan zigortzen: bakoitzak neurketa hondatzen du, gelan azal daitekeen arrazoi fisiko batengatik.

Akatsa	Zer gertatzen den simulazioan
Giltza irekita dagoela neurtzea	Airea giltzatik sartu eta irteten da: presioa beti gelakoa da eta ez da bolumenarekin aldatzen. Maila gidatuan, simulazioak ez du uzten giltza ixten gelako presioa irakurri aurretik
Orratza gelditu arte itxaron gabe irakurtzea	Irakurketa altua ateratzen da bultzatzean eta baxua tiratzean, eta P · V ez da errepikatzen
Bolumena gomaren ertz okerretik irakurtzea	Bolumen guztiak mililitro batzuk handiagoak ateratzen dira eta P · V bolumenarekin hazten da
Manometroaren eskalaren amaiera gainditu arte bultzatzea	Hodia askatu egiten da, airea ihes egiten du eta berriro hasi behar da muntaia berarekin
Enboloa azken marratik harago tiratzea	Enboloa xiringatik ateratzen da, airea sartzen da eta berriro hasi behar da
Neurtzen hasi ondoren giltza irekitzea (maila gidatua)	Airea sartu edo irteten da, jada ez da gas bera eta berriro hasi behar da
Giltza xiringa beteta dagoela itxi eta asko bultzatzea (maila librea)	60 mL-tan itxiz gero, presioak 200 kPa gainditzen ditu 20 mL-ra iritsi aurretik eta hodia askatu egiten da. Gidoiak 40 mL-tan ixteko eskatzen du

Praktika prestatuta banatzea

Praktikaren helbideak lau parametro onartzen ditu; konbinatu eta Classroom, Moodle edo Teams-en itsats daitezke:

Parametroa	Efektua	Adibidea
`nivel=libre`	Maila librea irekitzen du	simulaciencia.es/eu/simulazioak/practica-boyle/?nivel=libre
`montaje=N`	N muntaiarekin hasten da (1etik 12ra)	.../practica-boyle/?nivel=libre&montaje=7
`jeringa=20`	Maila librean, 20 mL-ko xiringarekin hasten da	.../practica-boyle/?nivel=libre&jeringa=20
`manometro=relativo`	Maila librean, manometro erlatiboarekin eta barometroarekin hasten da	.../practica-boyle/?nivel=libre&manometro=relativo

Muntaien gakoa

Zuzentzeko. Giltza gelako presioan dagoen V_0 mL airearekin ixten bada, neurketa guztietan betetzen da $\mathbf{P \cdot V = P_{atm} \cdot V_0}$. Taulak V_0 = 40 mL-rekin ematen ditu balioak, maila gidatuak egiten duena eta gidoiak eskatzen duena baita.

Muntaia	P_{atm} (kPa)	Gela (°C)	P · V (kPa·mL)	P 20 mL-rekin (kPa)	P 30 mL-rekin (kPa)	P 45 mL-rekin (kPa)	P 60 mL-rekin (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

Muntaia	P_{atm} (kPa)	Gela (°C)	P · V (kPa·mL)	P 20 mL-rekin (kPa)	P 30 mL-rekin (kPa)	P 45 mL-rekin (kPa)	P 60 mL-rekin (kPa)
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
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

Orratzdun manometroarekin presioa gehienez 1 kPa-ra irakurtzen da; beraz, zentzuzkoa da P · V onartzea gakoarekiko % 3 edo 4ko diferentziarekin. 20 mL-ko xiringarekin gidoiak 15 mL-tan ixteko eskatzen du; beraz, P · V = P_{atm} × 15. Ikasle batek giltza beste bolumen batean ixten badu, haren P · V P_{atm} bider bolumen hori da. Manometro erlatiboarekin, irakurketak gehi barometroaren presioak (hPa-tik kPa-ra pasatuta) taulako balioak eman behar ditu.

Maila bakoitzean nola erabili

DBHko 4. mailan, praktikak Boyleren legea norberaren neurketetatik aurkitzeko balio du; Batxilergoko 1. mailan, presio absolutua eta erlatiboa, neurketaren errorea eta datuen analisia lantzeko. Aipatutako oinarrizko jakintzak eta ebaluazio-irizpideak Euskadiko curriculumekoak dira (77/2023 Dekretua, EHAA, 2023ko ekainaren 9a), testu ofizialaren euskarazko bertsioan. Izartxoak (*) ezinbesteko jakintza dela adierazten du, dekretuan bezala.

Euskadin gasak ez daude DBHko 3. mailan: 4. mailan agertzen dira, B multzoan («disoluzioak eta gasak») eta D multzoan («indarrak eta presioa fluidoetan»). Horregatik, erabilera nagusia 4. mailan dago. DBHko 4. mailako Fisika eta Kimika hautazkoa denez, Batxilergoko 1. mailako proposamenak ere balio du gasak lehen aldiz ikusten dituzten ikasleekin, hasieran maila gidatuarekin.

DBHko 4. maila (Fisika eta Kimika): Boyleren legea aurkitzea

15-16 urte · 10th grade AEBn · Year 11 Erresuma Batuan

Oinarrizko jakintzak. A multzoa: «Ikaskuntza zientifikoko hainbat ingurune eta baliabide, hala nola laborategia edo ingurune birtualak: materialak, substantziak eta tresna teknologikoak.*». B multzoa: «Sistema materialak: disoluzioei eta gasei buruzko hainbat ikas-problemaren eta -egoeraren ebazpena, beste sistema material esanguratsu batzuen artean.*». D multzoa: «Indarrak eta presioa fluidoetan: indarrek eta presioak likidoetan eta gasetan dituzten efektuak...*».

Ebaluazio-irizpideak. 1.1 (eguneroko fenomeno fisiko-kimikoak ulertzea eta printzipio, teoria eta lege egokien arabera zorrotz azaltzea), 1.2 (planteatutako problemak lege egokiak erabiliz ebaztea eta emaitzak zuzen eta zehatz adieraztea), 2.2 (egiazta daitezkeen erantzunak aurreikustea, arrazoibide logiko-matematikoa aplikatuz) eta 3.2 (unitate-sistemak eta beharrezko tresna matematikoak behar bezala erabiltzea).

Curriculumak ez du Boyleren legea aipatzen; B multzoko gasei buruzko problemetan eta D multzoko fluidoetako presioan sartzen da.

Helburuak. Laborategiko prozedura bat ordena zuzenean jarraitzea. Orratzdun manometro bat eta xiringa baten eskala irakurtzea. Egiaztatzea, tenperatura konstantean, P · V ez dela aldatzen. Grafiko batean alderantzizko proportzionaltasun-erlazio bat ezagutzea eta zuzen bihurtzea P eta 1/V irudikatuz. Legea partikula-ereduarekin azaltzea.

Saio-proposamena (50 min).

1. **Hasierako galdera (5 min).** Xiringa baten muturra hatzarekin estali (benetakoa, baldin badago) eta enboloa bultzatu: «zergatik kostatzen da gero eta gehiago?», «zer gertatuko litzateke erdiraino bultzatuko bagenu?». Iragarpenak bildu.
2. **Maila gidatua, bikoteka (20 min).** Bikote bakoitza ateratzen zaion muntaiarekin. Neurketak amaitzean, P–V grafikoa kurba ateratzen da; P eta 1/V irudikatuz, zuzena. 45 mL-ko iragarpena da legeak zerbaitetarako balio duela egiaztatzeko unea.
3. **Maila librea gidoiarekin (15 min).** Muntaia desberdinak banatu `montaje=N` parametroarekin. Bikoteek 40 mL-tan ixten dute giltza, nahi dituzten bolumenetan neurtzen dute eta P · V kalkulatzen dute.
4. **Bateratzea (10 min).** Bikote bakoitzak bere P · V esaten du. Ez da zenbaki bera ateratzen gela osoan, muntaia bakoitza beste presio atmosferiko bat duen egun bat delako, baina bikote bakoitzaren barruan errepikatu egiten da. Partikulei buruzko galderarekin amaitu: bolumen erdia, hormen kontrako talka bikoitzak, presio bikoitza.

Batxilergoko 1. maila (Fisika eta Kimika): presio absolutua eta erlatiboa, eta neurketaren errorea

16-17 urte · 11th grade AEBn · Year 12 Erresuma Batuan

Oinarrizko jakintzak. A multzoa: «Ikaskuntza zientifikoko hainbat ingurune eta baliabide erabiltzea: Fisika edo Kimikako laborategiko materiala eta tresna teknologikoak behar bezala erabiltzea…». C multzoa: «Sistema fisiko-kimikoetan materia-kantitateen kalkulua, adibidez, gas idealak edo disoluzioak eta horien propietateak: horiek eguneroko bizitzan dituzten egoeren berezko aldagai neurgarriak».

Ebaluazio-irizpideak. 2.2 (gai bati erantzuteko hainbat metodo erabiltzea, emaitzak alderatuz koherentzia eta fidagarritasuna ziurtatzeko), 2.3 (hipotesiak baliozkotzean lege eta teoria zientifikoak integratzea, aldagaien arteko lotura kualitatibo eta kuantitatiboak aplikatuz) eta 3.4 (laborategiko esperimentazioan bereganatutako ezagutzak praktikan jartzea, materialen ezagutza barne).

Helburuak. Presio absolutua eta erlatiboa bereiztea eta batetik bestera barometro batekin igarotzea. Tresna behar den doitasunaren arabera aukeratzea. Legearen konstantea P–1/V zuzenaren maldatik lortzea. Boyleren legea gas idealen ekuazioarekin lotzea.

Saio-proposamena (50 min).

1. **Errepasoa maila gidatuarekin (10 min).** 5. urratsera arte bakarrik, erabilera gogoratzeko.
2. **Manometro erlatiboa (15 min).** Maila librean, `manometro=relativo` parametroarekin. Giltza irekita dagoela neurtu: 0 markatzen du, nahiz eta xiringako aireak presioa izan. Neurketak errepikatu barometroaren presioa gehituz. Eztabaidatzeko galdera: zergatik erabiltzen dute bizikletaren gurpilek manometro erlatiboa?
3. **Bi xiringa (15 min).** 20 mL-ko xiringarekin errepikatu (`jeringa=20`). Alderatu xiringa bakoitzaren zatiketa batek zenbat eragiten duen V-ren errorean eta, beraz, P · V-renean.

4. **Analisia (10 min).** P eta 1/V grafikoa egin 1/V L^{-1}-tan (1000 / V, V mL-tan), zuzena marraztu eta haren malda kalkulatu: P · V da. Biderkaduren batez bestekoarekin alderatu. P · V eta gelako tenperaturarekin, kalkulatu zenbat mol aire dagoen xiringan P · V = n · R · T erabiliz.

Ebaluazioa

Muntaia bakoitzak bere P · V du, eta maila librean ikasleek aukeratzen dituzte bolumenak; beraz, prozedura eta kalkulua ikasle bakoitzaren datuekin zuzentzen dira, eta konstantearen balioa gakoarekin. Errubrika sinple bat:

Irizpidea	Zer begiratzen den
Prozedura	Giltza ixten du neurtu aurretik, enboloa poliki mugitzen du eta orratza gelditu arte itxaroten du. Akats batengatik berriro hasi behar izan badu, azal dezala zein izan zen eta zergatik hondatzen duen neurketa
Neurketa	Irakurketak bere unitatearekin eta tresnaren doitasunarekin: bolumena xiringaren zatiketarekin eta presioa manometroarenarekin
Kalkulua	P · V ondo eginda neurketa bakoitzean, unitateekin. Manometro erlatiboarekin, presio absolutua barometroarekin ondo lortuta
Grafikoak	Ardatzak magnitude eta unitatearekin, eskala egokiak, kurba P–V grafikoan eta zuzena P–1/V grafikoan
Ondorioa	Legea bere hitzekin adierazten du, azaltzen du biderkaduren arteko diferentziak nondik datozen eta partikula-ereduarekin lotzen du

Zuzentzen laguntzen dituen ideia okerrak

Ikasleen ideia	Ideia zuzena	Nola erakutsi
«Airea konprimitzean, partikulak txikiagotu egiten dira»	Partikulek ez dute tamainarik aldatzen: haien arteko espazio hutsa txikitzen da	Maila gidatuko partikulei buruzko galdera, erantzun oker bakoitza azaltzen duena
«Presioa igotzen da partikulak, elkarrengandik hurbilago, aldaratu egiten direlako»	Gas batean partikulek ia ez dute elkarrekintzarik; presioa hormen kontra egiten dituzten talkengatik da	Partikula berberek espazio erdian talka bikoitzak egiten dituzte segundoko, hormaren zati bakoitzean
«Bolumena erdira jaisten bada, presioa erdira jaisten da», «bolumen handiagoa, presio handiagoa»	Presioa eta bolumena alderantziz proportzionalak dira: bolumen erdiarekin, presio bikoitza	Iragarri 40tik 20 mL-ra bultzatu aurretik eta egiaztatu manometroan
«Jaisten den kurba bat jaisten den zuzen bat da»	P–V hiperbola bat da; P–1/V jatorritik igarotzen den zuzen bat da	Maila gidatuko grafikoaren bi fitxak, ikasle bakoitzaren puntuekin
«Xiringa irekiko aireak ez du presiorik»	Presio atmosferikoa du, 94 kPa inguru muntaia hauetan	Manometro absolutuak 94 kPa inguru markatzen ditu giltza irekita dagoela; erlatiboak, 0
«Aireak ez du pisatzen ez bultzatzen»	Gelako aireak presio atmosferikoarekin bultzatzen du	Hormako barometroa eta giltza irekita egindako irakurketa
«Berdin da enboloa azkar edo poliki mugitzea»	Azkar konprimitzean airea berotu egiten da; legeak tenperatura konstantean balio du	Orratza pasatu egiten da eta segundo batzuk behar ditu itzultzeko

Ezagutzea komeni diren sinplifikazioak

1. **Bolumen hilik gabe.** Hodiko eta manometroko aireak ez du kontatzen: itxitako aire guztia xiringan dago. Benetako xiringa batean, hodiko aireak eragiten du P · V espero zena baino zertxobait desberdina ateratzea.
2. **Ihesik eta marruskadurarik gabe.** Enboloaren gomak ezin hobeto ixten du, eta enboloa uzten den tokian geratzen da, barruko presioa kanpokoa baino oso desberdina izan arren.
3. **Gas ideala.** Aireak legea zehazki betetzen du praktikako presio-tarte osoan, errealitatean oso hurbilketa onarekin gertatzen den bezala.
4. **Berotze leundua.** Enboloa azkar mugitzean, airea bero-trukerik gabe berotuko edo hoztuko litzatekeenaren zati bat baino ez da berotzen edo hozten, eta gelako tenperaturara itzultzen da 4 segundo ingurutan.
5. **Eskala perfektuak.** Manometroak ez du zero-errorerik ez histeresirik, eta orratzak ez du huts-tarterik.
6. **Mililitrorako doikuntza maila gidatuan.** Enboloa askatzean, hurbilen dagoen mililitroan kokatzen da, bolumena zalantzarik gabe irakur dadin. Maila librean askatzen den tokian geratzen da.

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. CC BY-SA 4.0 lizentziapean argitaratutako gida: egokitu eta partekatu dezakezu, egilea aipatuz eta lizentzia bera erabiliz. Bertsio eguneratua eta simulazioa: simulaciencia.es/eu/gidak/practica-boyle/.