Guía docente: simulación de axuste de reaccións

Ficha rápida

A simulación representa as reaccións químicas con átomos e moléculas: permite axustar ecuacións vendo como se reordenan os átomos, comprobar cunha balanza as leis de Lavoisier e de Proust, e atopar o reactivo limitante e o rendemento. En Galicia o seu uso principal é en 3.º e 4.º de ESO, con aplicacións en 1.º de Bacharelato.

Dato	Detalle
Ligazón	simulaciencia.es/gl/simulacions/ajuste-reaccion/
Cursos	3.º de ESO e 4.º de ESO (uso principal), 1.º de Bacharelato; uso puntual en 2.º de ESO e en 2.º de Bacharelato Química
Materia	Física e Química
Duración orientativa	15–20 minutos de explicación coa simulación proxectada
Material	Proxector ou encerado dixital; funciona no navegador, tamén no móbil e na tableta, sen instalar nada
Coñecementos previos	Átomos e moléculas, fórmulas químicas sinxelas, reactivos e produtos; en 4.º de ESO e en 1.º de Bacharelato, masa molecular e mol
Accesibilidade	Tema escuro, claro e de alto contraste (botón da roda dentada, «Aparencia»)

Como funciona a simulación

A simulación ten tres modos que se escollen na tarxeta «Modo»: «Axuste (Lavoisier)», «Proporcións definidas (Proust)» e «Reactivo limitante e rendemento». Nos tres, cada boliña é un átomo co seu símbolo e a súa cor, e cada grupo de boliñas unidas é unha molécula ou a unidade fórmula dun composto iónico. A tarxeta «Lenda» mostra os elementos da reacción escollida coa súa masa atómica.

Modo	Que controla o docente	Que mostra
Axuste (Lavoisier)	«Reacción» (16 ecuacións en tres grupos: «Sinxelas», «Combustións» e «Máis difíciles»). Os coeficientes de cada substancia, de 1 a 9, cos botóns − e +. Interruptor «Reconto en directo» e botóns «✓ Comprobar», «▶ Ver a reacción» e «↺ Todo a 1»	A ecuación cos seus coeficientes, as partículas de reactivos e produtos, o «RECONTO DE ÁTOMOS» por elemento con ✓ ou ✗ e unha «BALANZA (MASA TOTAL)» coa masa de cada lado
Proporcións definidas (Proust)	«Reacción»: sete compostos (H_2O, H_2O_2, CO_2, CO, NH_3, FeS e MgO). Cantidade inicial de cada reactivo. Botóns «▶ Reaccionar», «↺ Reiniciar» e «🗑️ Borrar a táboa de experimentos»	O recipiente coas partículas, a proporción en masa dos dous elementos do composto, a súa composición centesimal, unha gráfica de masas combinadas e unha táboa con cada experimento
Reactivo limitante e rendemento	«Reacción» (sete reaccións axustadas). Cantidade inicial de cada reactivo, «Rendemento» do 10 % ao 100 % e «A túa predición: que reactivo se esgota?»	O recipiente coas partículas, unha táboa «Inicial / Cambio / Final» coa masa final de cada substancia, barras de cantidades e os resultados: reactivo limitante, reactivo en exceso, produto teórico, produto real e rendemento

Nos tres modos, o despregable «Cada partícula representa» cambia a escala. Con «Unha molécula ou átomo (masa en u)» as cantidades son partículas e as masas, unidades de masa atómica. Con «Un mol (masa en g)» cada partícula debuxada é un mol e as masas danse en gramos: os números non cambian, só a unidade.

Catro elementos sosteñen a explicación:

- **Os átomos que voan.** No modo axuste, «▶ Ver a reacción» leva cada átomo dos reactivos a un oco dos produtos. Se a ecuación non está axustada, algúns átomos quedan nos reactivos rodeados dun anel vermello (sobran átomos) ou quedan ocos descontinuos nos produtos (faltan átomos). No reactor, cada grupo de reactivos desfaise e os seus átomos forman os produtos.
- **O reconto de átomos.** Unha fila por elemento cos átomos de reactivos e de produtos. Con «Reconto en directo» apagado, a táboa e a balanza mostran «?» ata premer «✓ Comprobar».
- **A balanza e a barra de masa.** A balanza do modo axuste inclínase cara ao lado con máis masa e queda nivelada cando a ecuación está axustada. No reactor, a barra «MASA TOTAL NO RECIPIENTE» reparte a masa entre as substancias, e a súa lonxitude total non cambia mentres ocorre a reacción.
- **A mensaxe de estado.** Baixo a ecuación aparece «✗ Sen axustar...», «✓ Ecuación axustada: consérvanse os átomos e a masa» ou, se os coeficientes teñen un divisor común, «✓ Axustada, pero pódese simplificar».

No modo Proust e no modo limitante, os desprazadores de cantidade avanzan de coeficiente en coeficiente: con $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$, o hidróxeno vai de 2 en 2. Así o reactivo limitante sempre se esgota por completo. O despregable «Como funciona?», pechado ao comezar, resume os tres modos.

Uso en cada curso

En 3.º de ESO a simulación é o soporte da interpretación microscópica das reaccións e das leis de Lavoisier e Proust como probas do modelo atómico-molecular. En 4.º de ESO serve para axustar ecuacións, combustións incluídas, e para os primeiros cálculos estequiométricos con moles. En 1.º de Bacharelato apoia as leis fundamentais, a composición centesimal, o reactivo limitante e o rendemento. 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 ESO; Decreto 157/2022, da mesma data, para Bacharelato), que organiza cada curso en bloques.

En Galicia o axuste de ecuacións aparece con nome propio en 4.º de ESO; en 3.º o currículo fala da interpretación microscópica das reaccións e das leis de Lavoisier e Proust. A secuencia de 3.º introduce o axuste como xeito de ver que os átomos se conservan; o centro pode deixar o axuste sistemático para 4.º.

As masas que se citan son as que mostra a simulación, coas masas atómicas da IUPAC arredondadas a dous decimais.

2.º de ESO: uso puntual

13–14 anos · 8th grade nos EUA · Year 9 no Reino Unido

Non hai un contido de axuste. O modo axuste pode ilustrar no bloque 5, «O cambio», «Os sistemas materiais: análise dos diferentes tipos de cambios que experimentan...» e a «Interpretación macroscópica e microscópica das reaccións químicas». Con «Formación de auga» xa axustada (2, 1 e 2), «▶ Ver a reacción» mostra que os átomos de hidróxeno e osíxeno se separan e se volven unir formando unha substancia nova, sen aparecer nin desaparecer.

3.º de ESO: conservación dos átomos e leis de Lavoisier e Proust

14–15 anos · 9th grade nos EUA · Year 10 no Reino Unido

Contidos. Bloque 4, «O cambio»: «Interpretación macroscópica e microscópica das reaccións químicas...» e «Lei de conservación da masa e lei das proporcións definidas: aplicación destas leis como evidencias experimentais que permiten validar o modelo atómico-molecular da materia». Bloque 2: «Principais compostos químicos: a súa formación e as súas propiedades físicas e químicas [...]. Masa atómica e masa molecular».

Criterios de avaliación. CA4.2 (resolver problemas sobre cambios fisicoquímicos utilizando as leis e as teorías científicas adecuadas) e CA4.5 (empregar datos en diferentes formatos para interpretar e comunicar información sobre os cambios dun proceso fisicoquímico).

Obxectivos. Axustar ecuacións sinxelas cambiando só os coeficientes. Explicar a conservación da masa coa conservación dos átomos. Comprobar que un composto ten sempre a mesma proporción en masa dos seus elementos.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo axuste, «Formación de auga» con todos os coeficientes a 1. O reconto marca H 2 fronte a 2 ✓ e O 2 fronte a 1 ✗; a balanza inclínase: 34,01 u fronte a 18,02 u. Premer «▶ Ver a reacción»: «✗ Sobran átomos: 1 O».
2. Preguntar como arranxalo. Se alguén propón escribir H_2O_2, explicar que iso é auga osixenada, outra substancia: a simulación só deixa cambiar coeficientes. Poñer un 2 diante de H_2O: agora o osíxeno cadra, pero o hidróxeno non (2 fronte a 4). «▶ Ver a reacción»: «✗ Faltan átomos: 2 H».
3. Poñer un 2 diante de H_2. Aparece «✓ Ecuación axustada: consérvanse os átomos e a masa» e a balanza nivélase: 36,03 u en cada lado. Ver a reacción: «✓ Cada átomo atopa o seu sitio». Enunciar a lei de Lavoisier.
4. Contar as partículas de cada caixa: 3 moléculas nos reactivos e 2 nos produtos. As estatísticas, en cambio, dan 6 átomos en cada lado. Consérvanse os átomos e a masa, non as moléculas.
5. Apagar «Reconto en directo» e pedir que axusten «Síntese do amoníaco» (1, 3, 2) e «Oxidación do magnesio» (2, 1, 2) antes de premer «✓ Comprobar».
6. Modo Proust, «Auga (H_2O)», cos valores iniciais (4 H_2 e 4 O_2). «▶ Reaccionar»: fórmanse 4 H_2O e sobran 2 O_2. A táboa anota m(O)/m(H) = 7,94. Subir H_2 a 24 e repetir: fórmanse 8 H_2O, sobran 16 H_2 e a proporción segue sendo 7,94. Os puntos da gráfica caen sobre a mesma recta: é a lei de Proust.

4.º de ESO: axuste de ecuacións e estequiometría

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

Contidos. Bloque 5, «O cambio»: «Ecuacións químicas: axuste de reaccións químicas e realización de predicións cualitativas e cuantitativas baseadas na estequiometría, relacionándoas con procesos fisicoquímicos da industria, do ambiente e da sociedade» e «Descrición cualitativa de reaccións químicas de interese da contorna cotiá, incluídas as combustións...». Bloque 2: «Cuantificación da cantidade de materia: cálculo do número de moles de sistemas materiais de diferente natureza...».

Criterios de avaliación. CA5.2 (resolver os problemas expostos con relación aos cambios físicos e químicos, expresando os resultados con corrección e precisión) e CA2.2 (resolver os problemas expostos en relación coa composición e a estrutura de sistemas materiais).

O currículo galego de 4.º non nomea o rendemento dunha reacción; entra nas «predicións [...] cuantitativas baseadas na estequiometría».

Obxectivos. Axustar combustións de hidrocarburos. Interpretar os coeficientes como proporción en moles. Calcular a cantidade de produto a partir da dun reactivo e aplicar o rendemento.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo axuste, «Combustión do metano». Axustar na orde habitual: primeiro o carbono (xa cadra), logo o hidróxeno (2 diante de H_2O) e por último o osíxeno (2 diante de O_2). A balanza queda en 80,04 u en cada lado.
2. «Combustión do propano» con «Reconto en directo» apagado: o alumnado propón os coeficientes (1, 5, 3 e 4) e compróbanse con «✓ Comprobar». Masa en cada lado: 204,09 u.
3. «Combustión do etano»: ao axustar o osíxeno sae 7/2 diante do O_2; multiplícase todo por 2 e queda 2, 7, 4 e 6. Ao revés, se alguén axusta a auga con 4, 2 e 4, a simulación avisa: «✓ Axustada, pero pódese simplificar: divide os coeficientes entre 2».
4. Cambiar «Cada partícula representa» a «Un mol (masa en g)». A balanza pasa a gramos cos mesmos números: a masa molar en g/mol coincide coa masa molecular en u.
5. Modo «Reactivo limitante e rendemento», «Combustión do metano», cos valores iniciais: 4 mol CH_4 e 10 mol O_2. Pedir o CO_2 que se formará: 4 mol, é dicir, 176,04 g. Premer «▶ Reaccionar» e comprobalo na táboa.
6. Baixar «Rendemento» ao 75 % en «Formación de auga» (8 mol H_2 e 5 mol O_2). Fórmanse 6 mol H_2O (108,09 g) de 8 teóricos (144,12 g): «Rendemento = real / teórico · 100 = 75 %».

1.º de Bacharelato: leis fundamentais, limitante e rendemento

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

Contidos. Bloque 3, «Reaccións químicas»: «Leis fundamentais da química: relacións estequiométricas en reaccións químicas e na constitución de compostos. Resolución de cuestións cuantitativas relacionadas coa química na vida cotiá», «Clasificación das reaccións químicas...» e «Estequiometría das reaccións químicas: aplicacións en procesos industriais significativos da enxeñaría química».

Criterios de avaliación. CA3.1 (aplicar as leis e as teorías científicas na análise de reaccións químicas) e CA3.2 (resolver problemas sobre reaccións químicas e as substancias que nelas participan, aplicando as leis adecuadas).

O currículo galego non nomea a lei de Dalton, o reactivo limitante nin o rendemento; entran nas «leis fundamentais da química» e na «estequiometría das reaccións químicas».

Obxectivos. Relacionar as leis ponderais coa teoría atómica de Dalton. Calcular a composición centesimal. Identificar o reactivo limitante e calcular o produto teórico, o exceso e o rendemento.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Proust, «Auga (H_2O)»: a composición centesimal é 11,2 % H e 88,8 % O, e m(O)/m(H) = 7,94. Facer dous ou tres experimentos con cantidades distintas e comprobar que a proporción non cambia.
2. Cambiar a «Auga osixenada (H_2O_2)»: m(O)/m(H) = 15,87, xusto o dobre de 7,94. Repetir con «Monóxido de carbono (CO)» (1,33) e «Dióxido de carbono (CO_2)» (2,66). Enunciar a lei das proporcións múltiples e explicala con átomos: o segundo composto ten o dobre de átomos de osíxeno por cada átomo do outro elemento.
3. Modo «Reactivo limitante e rendemento», «Formación de auga», cos valores iniciais (8 H_2 e 5 O_2). Pedir unha predición en «A túa predición: que reactivo se esgota?». Moita xente escolle O_2 porque hai menos. Reaccionar: o limitante é H_2, «En exceso: O_2 (só fan falta 4 de 5)».

4. Resolver o mesmo caso no encerado con «Un mol (masa en g)»: 16,13 g de H_2 e 159,99 g de O_2 dan 144,12 g de H_2O e sobran 32,00 g de O_2. A barra de masa total marca 176,12 g antes e despois.
5. Poñer 8 H_2 e 4 O_2: «Proporción estequiométrica: non hai reactivo limitante nin en exceso».
6. Volver a 8 H_2 e 5 O_2 e baixar «Rendemento» ao 75 %: fórmanse 6 H_2O e quedan sen reaccionar 2 H_2 e 2 O_2. Comentar que na industria o rendemento baixa por reaccións incompletas, reaccións secundarias e perdas ao separar o produto.

2.º de Bacharelato (Química): repaso puntual

17–18 anos · 12th grade nos EUA · Year 13 no Reino Unido

Non hai un contido específico. Pode servir de repaso antes dos «Cálculos estequiométricos e volumetrías redox» (bloque 3, «Reaccións redox»). A simulación só axusta por tenteo e non traballa o «Método do ión-electrón»; convén lembrar que ese método tamén se basea en conservar os átomos, e ademais a carga.

Concepcións alternativas que axuda a corrixir

A simulación ataca sobre todo a idea de que axustar é un xogo de números sen relación cos átomos. Cada fila indica a idea previa frecuente e como desmontala coa simulación.

Idea do alumnado	Idea correcta	Como mostralo
«Para axustar pódense cambiar os subíndices»	Cambiar un subíndice cambia a substancia; só se cambian os coeficientes	Modo axuste: só hai botóns para os coeficientes. Modo Proust: H_2O e H_2O_2 teñen proporcións distintas (7,94 e 15,87) porque son substancias distintas
«Nunha reacción pérdese masa (ao queimar algo, pesa menos)»	A masa total consérvase porque se conservan os átomos	«Combustión do metano» axustada: 80,04 u en cada lado da balanza. No reactor, a barra de masa total non cambia mentres reacciona
«Se a ecuación está axustada, hai as mesmas moléculas en cada lado»	Consérvanse os átomos, non as moléculas	$2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$: 3 moléculas fronte a 2, pero 6 átomos en cada lado
«Os coeficientes indican a proporción en masa»	Indican a proporción en partículas ou en moles	$2\ H_2 + O_2$: hai o dobre de moléculas de H_2, pero o O_2 achega 32,00 u fronte a 4,03 u
«O reactivo limitante é do que hai menos»	É o que se esgota antes segundo a proporción da ecuación	Valores iniciais do modo limitante: con 8 H_2 e 5 O_2, o limitante é H_2
«Se engado máis dun reactivo, sempre se forma máis produto»	Se ese reactivo está en exceso, o produto non cambia	Modo Proust, auga: con 4 O_2 fixos, pasar de 8 a 24 H_2 non cambia as 8 H_2O; só aumenta o que sobra
«Cun rendemento do 100 % non sobra nada»	Co 100 % esgótase o limitante; o reactivo en exceso segue sobrando	Valores iniciais do modo limitante: sobra 1 O_2 con rendemento do 100 %
«A ecuación está mellor axustada con números máis grandes»	Úsanse os coeficientes enteiros máis pequenos	«Formación de auga» con 4, 2 e 4: «Axustada, pero pódese simplificar: divide os coeficientes entre 2»

Simplificacións que convén coñecer

A simulación prioriza a conservación dos átomos e a proporción da ecuación, e para iso simplifica a forma das moléculas, o mecanismo e as cantidades. Convén coñecer estas licenzas para non reforzar ideas

incorrectas sen querer.

1. **As moléculas son esquemas planos.** As posicións dos átomos son aproximadas e en dúas dimensións: o metano debúxase en cruz e non como un tetraedro, e os ángulos de enlace non son os reais.
2. **Sólidos iónicos, metais e non metais sólidos son partículas soltas.** NaCl, MgO, Fe_2O_3, Al_2O_3, $CaCO_3$, $KClO_3$, FeS, CaO e KCl debúxanse como unha unidade fórmula, aínda que son redes cristalinas. Os metais (Na, Mg, Al, Fe), o carbono e o xofre aparecen como átomos illados; o xofre real forma moléculas S_8.
3. **Os átomos voan directamente aos produtos.** Non se representan choques, rotura de enlaces paso a paso, intermedios nin enerxía. Para iso está a simulación de velocidade de reacción.
4. **Non todas as ecuacións ocorren tal como se escriben.** Algunhas escolléronse polo seu valor didáctico: a auga osixenada non se fabrica unindo H_2 e O_2, e o NO_2 fórmase en dous pasos. Tampouco se indican os estados físicos nin as condicións.
5. **As cantidades van de coeficiente en coeficiente.** Nos modos Proust e limitante, cada reactivo escóllese en múltiplos do seu coeficiente (cun máximo de 24 partículas), para que o limitante se esgote sempre por completo. No laboratorio as cantidades son continuas.
6. **O rendemento modélase parando a reacción.** Cun rendemento menor do 100 %, a reacción detense antes e quedan sen reaccionar parte dos dous reactivos. Na realidade inflúen tamén as reaccións secundarias e as perdas ao separar o produto. Ademais, o produto real arredóndase a partículas enteiras: con poucas partículas o rendemento obtido pode non coincidir co escollido, e entón indícase «(arredóndase a partículas enteiras)».
7. **Un mol por partícula.** Con «Un mol (masa en g)» cada partícula debuxada representa $6{,}022 \cdot 10^{23}$ partículas. As cantidades son sempre números enteiros de moles.
8. **Masas atómicas con máis decimais que as do libro.** Úsanse as da IUPAC (H = 1,008; O = 15,999…). Por iso m(O)/m(H) na auga sae 7,94 e non 8, como con H = 1 e O = 16. Convén avisar se o alumnado comproba os cálculos con masas arredondadas.
9. **Os coeficientes van de 1 a 9.** Abonda para todas as ecuacións da lista, cuxo coeficiente maior é 7 (etano).

Ficha de actividades do alumnado

A ficha de actividades segue o esquema predí, observa e explica. Cada actividade leva unha ligazón á simulación xa preparada, así que funciona na aula de informática, con tabletas ou como tarefa na casa. Descárgase en Word e LibreOffice para adaptala.

Curso	Actividades	Duración orientativa
3.º de ESO	Antes de comezar, actividades 1 a 4, problemas 1 a 3 de Aplica o aprendido, Revisa as túas ideas e Autoavaliación	Unha sesión de 50–55 minutos
4.º de ESO	Actividades 2, 5 e 6 e Aplica o aprendido completo	Unha sesión
1.º de Bacharelato	Actividades 4 a 6 e Para ampliar	Unha sesión

A táboa de «Antes de comezar» recolle cinco ideas previas sobre as reaccións. Convén non corrixila ao principio: o alumnado volve a ela en «Revisa as túas ideas».

Solucións

Apartado	Solución
Antes de comezar	Todas falsas. a) Cambiar un subíndice cambia a substancia (actividade 1). b) Consérvanse os átomos, non as moléculas (actividade 3). c) A masa consérvase; se o gas escapa, falta na balanza, pero non desapareceu (actividade 3). d) Un composto ten sempre a mesma proporción (actividade 4). e) Un esgótase antes: o limitante (actividade 5)
Actividade 1	1, 1, 1: H 2/2, O 2/1, 34,01 u fronte a 18,02 u, «✗ Sen axustar» e «Sobran átomos: 1 O». 1, 1, 2: H 2/4, O 2/2, «Faltan átomos: 2 H». 2, 1, 2: H 4/4, O 2/2, 36,03 u en cada lado, «✓ Ecuación axustada». H_2O_2 é auga osixenada, outra substancia. A balanza nivélase porque hai os mesmos átomos en cada lado
Actividade 2	$N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$. $2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$. $CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$. $C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$. Orde cómoda: carbono, hidróxeno e por último osíxeno, porque o O_2 é unha substancia simple e o seu coeficiente non descadra outros elementos
Actividade 3	Reactivos: 3 moléculas, 6 átomos, 36,03 u. Produtos: 2 moléculas, 6 átomos, 36,03 u. Lei de Lavoisier: nunha reacción química a masa total consérvase, porque os átomos só se reorganizan
Actividade 4	$4\ H_2 + 4\ O_2$: $4\ H_2O$, sobran $2\ O_2$. $24\ H_2 + 4\ O_2$: $8\ H_2O$, sobran $16\ H_2$. $8\ H_2 + 12\ O_2$: $8\ H_2O$, sobran $8\ O_2$. m(O)/m(H) = 7,94 sempre: lei de Proust. Sobra un reactivo cando non está na proporción 2 : 1 en moléculas
Actividade 5	Limitante: CH_4. Os 4 CH_4 necesitan 8 O_2 e hai 10, así que se gasta todo o CH_4 e sobran 2 O_2 (en exceso). Fórmanse 4 CO_2 (176,04 u) e 8 H_2O. Non abonda: con 4 CH_4 e 6 O_2 o limitante é o O_2 aínda que haxa máis moléculas, porque cada CH_4 necesita 2 O_2 (fórmanse 3 CO_2 e sobra 1 CH_4). O limitante depende da proporción da ecuación
Actividade 6	Limitante: H_2 (8 mol necesitan 4 mol de O_2; sobra 1 mol). Teórico: 8 mol de H_2O = 144,12 g. Real: 6 mol = 108,09 g. Rendemento 75 %. Hai reaccións secundarias, perdas ao separar e purificar, e reaccións que non se completan
Aplica o aprendido	1) $4\ Fe + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3$; $2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$. 2) 44 g, lei de Lavoisier. 3) 5 g, lei de Proust. 4) Limitante O_2 (2 mol necesitan 4 mol de H_2); fórmanse 4 mol de H_2O e sobran 2 mol de H_2
Para ampliar	1) 11,2 % de H e 88,8 % de O. 2) En H_2O_2, m(O)/m(H) = 15,87, o dobre ca na auga: relación 2 : 1, lei das proporcións múltiples de Dalton

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/ajuste-reaccion/.