GÉNERO **TEXTUAL**

2 Artículo científico



A lo largo de la historia de la humanidad, hemos transmitido gran parte de nuestro conocimiento a las nuevas generaciones a través de documentos escritos. Las ciencias no son una excepción. En este campo, los textos informan a la comunidad científica con claridad y precisión acerca de los resultados de una investigación, revisión o análisis sobre un tema relevante para el desarrollo de las ciencias exactas, naturales o humanas.

- Los artículos científicos suelen tener como objetivo comunicar información científica que no es del conocimiento público. Para ello, los autores por lo general incluyen definiciones, comparaciones, ejemplos y explicaciones que ayudan a comprender un tema determinado. Es común que veamos descripciones de hipótesis, procedimientos y experimentos que pueden ser ajenos a la experiencia de los lectores y las lectoras.

  En tus estudios de educación superior, te darás cuenta de que los textos y artículos científicos que lees se vuelven cada vez más detallados y desafiantes. Al principio, encontrarás información destinada a un público no especializado, escrita en un lenguaje sencillo y preciso. A medida que avances en tus estudios, leerás textos que suponen un conocimiento básico de la disciplina y utilizan un lenguaje más técnico. Estos contenidos no incluirán definiciones detalladas ni precisiones necesarias para aquellos que acaban de comenzar sus estudios.

- Como parte del proceso de lectura de un texto científico, es importante evaluar la credibilidad. Un profesional especialista en un tema tiene más autoridad al hacer afirmaciones o explicar conclusiones que una persona que no tiene un conocimiento profundo del tema. Por esta razón, es habitual que en estos textos los científicos se presenten acompañados por su profesión, la institución a la que pertenecen o alguna otra distinción que los valide como autoridades en el tema.

  Lee atentamente el siguiente fragmento y luego responde las preguntas asociadas.

Artículo científico A

Fragmento adaptado del libro *El universo elegante*, de Brian Greene, trad. Mercedes García Garmilla. Editorial Crítica (2018).

El principio de relatividad

Hay dos estructuras sencillas, pero profundamente enraizadas, que constituyen los fundamentos de la relatividad especial. Una de ellas se refiere a las propiedades de la luz; la otra es más abstracta y no está relacionada con ninguna ley física específica, sino más bien con todas las leyes de la física, y se conoce como el *principio de relatividad*. El principio de relatividad se basa en un hecho simple: siempre que discutamos sobre rapidez o velocidad (la velocidad es la rapidez y la dirección del movimiento), debemos especificar con precisión quién o qué está realizando la medición. Se puede entender fácilmente el significado y la importancia de esta afirmación sin más que considerar la siguiente situación.

Imagine que George, que viste un traje espacial provisto de una pequeña luz roja intermitente, se encuentra flotando en la oscuridad absoluta del espacio completamente vacío, lejos de cualquier planeta, estrella o galaxia. Desde la perspectiva de George, él está completamente quieto, inmerso en la negrura uniforme y silenciosa del cosmos. Allá, lejos en la distancia, George empieza a divisar una diminuta luz verde intermitente que parece acercarse cada vez más. Finalmente, llega a estar tan cerca como para que George vea que esa luz está unida al traje espacial de otro habitante del espacio, Gracie, que va flotando lentamente. Al pasar, hace una señal con la mano, al igual que George, y se aleja en la distancia.

Esta historia se puede contar igualmente desde el punto de vista de Gracie. Empieza del mismo modo, estando Gracie completamente sola en la inmensa negrura silenciosa del espacio exterior. A lo lejos en la distancia, Gracie ve una luz roja intermitente que parece acercarse cada vez más. Finalmente, llega a estar lo suficientemente cerca para que Gracie vea que está unida al traje espacial de otro ser, George, que va flotando lentamente. George saluda con la mano al pasar, igual que Gracie, y se aleja en la distancia.

Las dos historias describen la misma situación desde dos puntos de vista distintos e igualmente válidos. Cada uno de los dos observadores se siente inmóvil y percibe que el otro está en movimiento. Cada una de las perspectivas es comprensible y justificable. Puesto que hay simetría entre los dos habitantes del espacio, no hay, por razones muy evidentes, ningún modo de decir que una perspectiva es «correcta» y la otra «errónea». Cada perspectiva tiene el mismo derecho a ser la verdad.

Este ejemplo capta el significado del principio de relatividad: el concepto de movimiento es relativo. Podemos hablar sobre el movimiento de un objeto, pero sólo en relación o por comparación con otro. Por lo tanto, no tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora» si no hemos especificado ningún otro objeto como referencia. *Sí* que tiene sentido la afirmación «George está viajando

a 16 kilómetros por hora al pasar por delante de Gracie», ya que ahora hemos especificado a Gracie como punto de referencia. Dicho con otras palabras, no existe una noción «absoluta» de movimiento. El movimiento es relativo.

Un elemento clave de esta historia es que ni George ni Gracie son empujados en ningún sentido, ni se actúa sobre ellos de ninguna otra manera mediante fuerza o influencia alguna que pudiera perturbar su sereno estado de movimiento a velocidad constante, es decir, sin que ninguna fuerza actúe sobre dicha velocidad. Por lo tanto, una manera más precisa de decirlo es que el movimiento *libre de fuerzas* sólo tiene sentido por comparación con otros objetos.

Esta aclaración es importante, porque, si hay fuerzas implicadas, estas producen cambios en la velocidad de los observadores (cambios en su velocidad y/o en la dirección del movimiento) y estos cambios se pueden percibir. Por ejemplo, si George llevara puesto un propulsor que actuara desde su espalda, desde luego sentiría que se estaba moviendo. Esta percepción es intrínseca. Si el propulsor está funcionando, George *sabe* que se está moviendo, aunque sus ojos estén cerrados y por lo tanto no pueda realizar comparaciones con otros objetos. Incluso sin tales comparaciones, ya no afirmaría que estaba inmóvil mientras que el resto del mundo se estaba moviendo junto a él. El movimiento a velocidad constante es relativo; pero no es así en el caso de un movimiento a velocidad no constante, es decir, un *movimiento acelerado*.

El situar estas historias en la oscuridad del espacio vacío ayuda a la comprensión porque eliminamos objetos familiares tales como calles o edificios, a los que habitualmente, aunque de un modo injustificable, otorgamos el estatus especial de «inmóviles». Sin embargo, este mismo principio es aplicable a las instalaciones terrestres y es lo que, de hecho, se percibe corrientemente.

Avancemos ahora un paso más. Imagínese que estamos en un tren y bajamos las persianas de modo que las ventanas queden completamente cubiertas. Al no poder ver nada fuera de nuestro compartimento y suponiendo que el tren se desplaza a una velocidad absolutamente constante, no habrá modo de determinar nuestro estado de movimiento. El compartimento que nos rodea tendrá exactamente el mismo aspecto con independencia de que el tren esté parado en los raíles o moviéndose a gran velocidad.

Einstein formalizó esta idea, que se remonta en realidad a lo formulado por Galileo, afirmando que es imposible para cualquier viajero realizar dentro de este compartimento cerrado cualquier experimento que determine si el tren se está moviendo o no. Esto refleja de nuevo el principio de relatividad: dado que todo movimiento sobre el que no actúan fuerzas es relativo, sólo es perceptible por comparación con otros objetos o individuos sometidos asimismo a un movimiento sobre el que no actúa ninguna fuerza. No tenemos modo de determinar nada en relación con nuestro estado de movimiento, salvo que hagamos alguna comparación directa o indirecta con objetos «exteriores». Sencillamente no existe el concepto de movimiento «absoluto» a velocidad constante; sólo las comparaciones tienen algún significado en física.

De hecho, Einstein constató que el principio de relatividad hace una afirmación aún más amplia: las leyes de la física —cualesquiera que sean— deben ser absolutamente idénticas para todos los observadores que estén sometidos a un movimiento de velocidad constante. Si George y Gracie no se limitan a estar flotando en el espacio, sino que están cada uno de ellos llevando a cabo el mismo conjunto de experimentos en sus respectivas estaciones flotantes, los resultados que obtengan serán idénticos. Una vez más, está perfectamente justificado que cada uno crea que su estación se encuentra en reposo, aunque las dos estaciones estén en movimiento relativo. Si todos sus aparatos son idénticos, no hay nada que diferencie los dos proyectos experimentales —son completamente simétricos—. Las leyes de la física que cada uno deduzca de los experimentos serán asimismo idénticas. Ni ellos ni sus experimentos pueden percibir el viaje a velocidad constante que están realizando, es decir, depender en modo alguno de este movimiento. Es este sencillo concepto el que establece una simetría completa entre ambos observadores; es el concepto que está incluido en el principio de relatividad.

Brian Greene, *El universo elegante*. Editorial Crítica (2018), pp. 42-47 (fragmento adaptado).

El texto que acabas de leer es una adaptación de un fragmento del libro *El universo elegante*, escrito por Brian Greene, un autor dedicado a la divulgación científica con gran prestigio en la actualidad. En la lectura, se pueden ver algunos de los elementos característicos de los artículos de divulgación científica.

Para empezar, el título del texto declara de manera explícita el tema que engloba todas las ideas que se van a presentar. El primer párrafo pone en contexto el principio de relatividad, explicando la teoría más amplia de la que forma parte: "Hay dos estructuras sencillas, pero profundamente enraizadas, que constituyen los fundamentos de la relatividad especial. Una de ellas se refiere a las propiedades de la luz; la otra es más abstracta y no está relacionada con ninguna ley física específica, sino más bien con todas las leyes de la física, y se conoce como el *principio de relatividad*". Con estas oraciones, el autor ubica al público lector en el universo de conocimientos científicos en el que se enmarcan las ideas que va a exponer.

El uso de signos de puntuación para separar enunciados y contribuir a la legibilidad de la exposición es otro rasgo característico de este tipo de textos. Observa que la inclusión de los dos puntos y de los paréntesis favorece nuestra comprensión de qué es la velocidad o en qué se basa el principio de la relatividad: "El principio de relatividad se basa en un hecho simple: siempre que discutamos sobre rapidez o velocidad (la velocidad es la rapidez y la dirección del movimiento), debemos especificar con precisión quién o qué está realizando la medición". En los párrafos siguientes, se puede evidenciar, además, el uso de comillas con la misma función: "Por lo tanto, no tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora» si no hemos especificado ningún otro objeto como referencia. *Sí* que tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora al pasar por delante de Gracie», ya que ahora hemos especificado

a Gracie como punto de referencia". Al encerrar entre comillas las dos afirmaciones, se facilita la comprensión, pues las marcas gráficas de los signos permiten reconocer de manera independiente las ideas que se refieren al ejemplo imaginario ("«George está viajando…") y las que se pueden concluir de ese ejemplo ("*Sí* que tiene sentido…").

La ejemplificación, es decir, la explicación de conceptos científicos a través de ejemplos, es otro recurso efectivo para comunicar con claridad al público general temas complejos relacionados con teorías científicas y asuntos que no pertenecen a la vida cotidiana. En el texto leído, las situaciones imaginarias que propone el autor buscan explicar de qué manera se aplica el principio de la relatividad en un escenario que, por distintas razones, los lectores y las lectoras puedan reconocer y entender. Es posible que entiendan las situaciones porque se corresponden con su experiencia, como en el ejemplo del tren. También es posible que las entiendan porque forman parte del saber popular, como sucede con las referencias al espacio exterior y las condiciones atmosféricas particulares, en el caso del ejemplo protagonizado por George y Gracie.

Volvamos al texto que acabas de leer y analicemos algunas preguntas, para que puedas reconocer cómo se aplican las habilidades lectoras en este texto.

1 ¿Qué afirma el autor con respecto a la perspectiva de George y la de Gracie?

A Que ninguna es real.
B Que ambas son evidentes.
C Que ambas son verdaderas.
D Que ninguna es justificable.

Solución

Esta pregunta nos pide identificar qué afirma el autor con respecto a la perspectiva de George y la de Gracie. Como se trata de información que se encuentra explícita en la lectura, utilizamos la habilidad de localizar.

En el párrafo que inicia con las palabras "Las dos historias", el autor explica que "Cada una de las perspectivas [la perspectiva de George y la perspectiva de Gracie] es comprensible y justificable. Puesto que hay simetría entre los dos habitantes del espacio, no hay, por razones muy evidentes, ningún modo de decir que una perspectiva es «correcta» y la otra «errónea»". En consecuencia, el hecho de que ambas perspectivas sean comprensibles y justificables, como se afirma en la cita anterior, implica que ambos personajes tienen razón en afirmar que permanecen inmóviles, mientras que la otra persona es la que se mueve. Esta idea se reitera al final del párrafo de manera explícita: "Cada perspectiva tiene el mismo derecho a ser la verdad". Con base en lo anterior, podemos determinar que la respuesta correcta es esta opción: "Que ambas son verdaderas".

2 ¿Qué opción representa la idea principal del siguiente párrafo?

> Este ejemplo capta el significado del principio de relatividad: el concepto de movimiento es relativo. Podemos hablar sobre el movimiento de un objeto, pero sólo en relación o por comparación con otro. Por lo tanto, no tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora» si no hemos especificado ningún otro objeto como referencia. *Sí* que tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora al pasar por delante de Gracie», ya que ahora hemos especificado a Gracie como punto de referencia. Dicho con otras palabras, no existe una noción «absoluta» de movimiento. El movimiento es relativo.

A "Podemos hablar sobre el movimiento de un objeto, pero sólo en relación o por comparación con otro".

B "no tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora» si no hemos especificado ningún otro objeto como referencia".

C "*Sí* que tiene sentido la afirmación «George está viajando a 16 kilómetros por hora al pasar por delante de Gracie»".

D "no existe una noción «absoluta» de movimiento. El movimiento es relativo".

Solución

Esta pregunta nos pide sintetizar la información del párrafo citado con el fin de reconocer la idea principal. Para responder, utilizamos la habilidad de interpretar, que nos permite establecer relaciones entre los enunciados que conforman el párrafo y determinar cuál de ellos sintetiza la idea central de lo que allí se expresa.

La primera oración del párrafo lo conecta con el anterior al señalar que el ejemplo de George y Gracie "capta el significado del principio de relatividad: el concepto de movimiento es relativo". En las oraciones siguientes, el autor explica esta idea a partir de la situación imaginaria, en la que se demuestra la importancia del punto de referencia al hablar del movimiento. Al final del párrafo, el autor retoma la idea de la oración inicial: "Dicho con otras palabras, no existe una noción «absoluta» de movimiento. El movimiento es relativo".

Como vemos, al inicio y al final del párrafo se enuncia la idea principal, que se desarrolla en las oraciones intermedias (que aluden al ejemplo de George y Gracie). Una de las opciones corresponde a la oración final del párrafo y es, por lo tanto, la respuesta correcta, que es esta: "no existe una noción «absoluta» de movimiento. El movimiento es relativo".

3 ¿Cuál es un recurso que se utiliza en el texto para favorecer la comprensión del público lector?

A El título
B Los ejemplos
C Las comparaciones
D La contextualización

Solución

Esta pregunta nos pide reflexionar sobre el recurso que se utiliza en el texto para favorecer la comprensión del público lector. Para responder, utilizamos la habilidad de evaluar, puesto que debemos emitir un juicio valorativo sobre los elementos implícitos y explícitos dentro del texto.

Desde el segundo párrafo del texto, el autor nos propone un ejercicio imaginario con el que ejemplifica una situación en la que el principio de relatividad se hace evidente, por lo que, espera, puede ser entendida con facilidad. Así lo anuncia de manera explícita al final del primer párrafo: "Se puede entender fácilmente el significado y la importancia de esta afirmación sin más que considerar la siguiente situación". La afirmación a la que se refiere esta cita es la que sintetiza el principio de relatividad y la situación que se debe considerar es la que involucra a George y a Gracie en un encuentro imaginario en el espacio.

Para avanzar "un paso más" en su exposición, el autor propone, algunos párrafos después, otro ejemplo: "Imagínese que estamos en un tren y bajamos las persianas de modo que las ventanas queden completamente cubiertas. Al no poder ver nada fuera de nuestro compartimento y suponiendo que el tren se desplaza a una velocidad absolutamente constante, no habrá modo de determinar nuestro estado de movimiento". Esta situación imaginaria le permite, una vez más, ilustrar la importancia de un punto de comparación externo para percibir el movimiento.

En el último párrafo, el autor retoma el ejemplo de George y Gracie para explicar que, si "no se limitan a estar flotando en el espacio, sino que están cada uno de ellos llevando a cabo el mismo conjunto de experimentos en sus respectivas estaciones flotantes, los resultados que obtengan serán idénticos. Una vez más, está perfectamente justificado que cada uno crea que su estación se encuentra en reposo, aunque las dos estaciones estén en movimiento relativo". Considerando lo anterior, podemos determinar que un recurso que favorece la comprensión y se presenta a lo largo del texto es el que señala esta opción: "Los ejemplos"; esta es, pues, la respuesta correcta.

Ahora, contesta otras preguntas para evaluar tu comprensión de este texto.

4 **Según el texto, ¿con qué se relaciona el principio de relatividad?**

A Con las leyes de la física.
B Con las propiedades de la luz.
C Con los movimientos acelerados.
D Con los observadores involucrados.

5 **En el siguiente párrafo, se describe la perspectiva de Gracie.**

> Esta historia se puede contar igualmente desde el punto de vista de Gracie. Empieza del mismo modo, estando Gracie completamente sola en la inmensa negrura silenciosa del espacio exterior. A lo lejos en la distancia, Gracie ve una luz roja intermitente que parece acercarse cada vez más. Finalmente, llega a estar lo suficientemente cerca para que Gracie vea que está unida al traje espacial de otro ser, George, que va flotando lentamente. George saluda con la mano al pasar, igual que Gracie, y se aleja en la distancia.

¿Qué se dio entender sobre ella en el párrafo anterior del texto para que, en el párrafo citado, se presente su perspectiva?

A Que flotaba a la deriva como George.
B Que vio una luz verde en el espacio.
C Que saludó con la mano.
D Que era la que se movía.

6 **¿Cuál de las siguientes opciones presenta otro título adecuado para el texto leído?**

A "El movimiento en relación con el principio de relatividad"
B "No hay perspectivas correctas o erróneas: todo es relativo"
C "La importancia de la relatividad en la comprensión del movimiento"
D "Einstein descubrió la relatividad a partir del análisis del movimiento"

Haz una pausa

¿Cuál es el propósito comunicativo del texto?

7 En relación con el texto, ¿cuál es el propósito de incluir algunas palabras en cursiva?

A Diferenciar palabras adaptadas.
B Señalar usos metalingüísticos.
C Destacar términos científicos.
D Enfatizar ideas importantes.

8 En relación con el texto, ¿cuál es la función del siguiente párrafo?

> Einstein formalizó esta idea, que se remonta en realidad a lo formulado por Galileo, afirmando que es imposible para cualquier viajero realizar dentro de este compartimento cerrado cualquier experimento que determine si el tren se está moviendo o no. Esto refleja de nuevo el principio de relatividad: dado que todo movimiento sobre el que no actúan fuerzas es relativo, sólo es perceptible por comparación con otros objetos o individuos sometidos asimismo a un movimiento sobre el que no actúa ninguna fuerza. No tenemos modo de determinar nada en relación con nuestro estado de movimiento, salvo que hagamos alguna comparación directa o indirecta con objetos «exteriores». Sencillamente no existe el concepto de movimiento «absoluto» a velocidad constante; sólo las comparaciones tienen algún significado en física.

A Destacar los antecedentes sobre el tema.
B Presentar la posición de algunos científicos.
C Resumir la información entregada a lo largo del texto.
D Desmentir una teoría explicada en párrafos anteriores.

9 En el penúltimo párrafo, ¿con qué propósito se menciona a Galileo?

A Reconocer la importancia de su obra.
B Establecer su trabajo como antecedente.
C Comparar sus hallazgos con los de Einstein.
D Otorgar una visión más amplia sobre el tema.

Artículo científico B

Fragmento adaptado del libro *Física de lo imposible*, de Michio Kaku, editado por Random House Mondadori en 2009.

Metamateriales e invisibilidad

Quizá el más prometedor entre los nuevos desarrollos que implican invisibilidad es un nuevo material exótico llamado un «metamaterial», que tal vez un día haga los objetos verdaderamente invisibles. Resulta irónico que la creación de metamateriales se considerara en otro tiempo imposible porque violaba las leyes de la óptica. Pero, en 2006, investigadores de la Universidad de Duke, en Durham, Carolina del Norte, y del Imperial College de Londres desafiaron con éxito la sabiduría convencional y utilizaron metamateriales para hacer un objeto invisible a la radiación de microondas. Aunque hay aún muchos obstáculos que superar, ahora tenemos por primera vez en la historia un diseño para hacer invisibles objetos ordinarios.

Según Nathan Myhrvold, antiguo jefe de tecnología en Microsoft, el potencial revolucionario de los metamateriales «cambiará por completo nuestro enfoque de la óptica y casi todos los aspectos de la electrónica. [...] Algunos de estos metamateriales pueden hacer realidad hazañas que habrían parecido milagrosas hace solo unas décadas».

¿Qué son estos metamateriales? Son sustancias que tienen propiedades ópticas que no se encuentran en la naturaleza. Los metamateriales se crean insertando en una sustancia minúsculos implantes que obligan a las ondas electromagnéticas a curvarse de formas heterodoxas. En la Universidad de Duke, los científicos insertaron en bandas de cobre minúsculos circuitos eléctricos dispuestos en círculos planos concéntricos (una forma que recuerda algo a las resistencias de un horno eléctrico). El resultado fue una mezcla sofisticada de cerámica, teflón, compuestos de fibra y componentes metálicos. Estos minúsculos implantes en el cobre hacen posible curvar y canalizar de una forma específica la trayectoria de la radiación de microondas.

Pensemos en cómo fluye un río alrededor de una roca. Puesto que el agua rodea fácilmente la roca, la presencia de la roca no se deja sentir aguas abajo. Del mismo modo, los metamateriales pueden alterar y curvar continuamente la trayectoria de las microondas de manera que estas fluyan alrededor de un cilindro, por ejemplo; lo que haría esencialmente invisible a las microondas todo lo que hay dentro del cilindro. Si el material puede eliminar toda la reflexión y todas las sombras, entonces puede hacer un objeto totalmente invisible para dicha forma de radiación.

Los científicos demostraron satisfactoriamente este principio con un aparato hecho de diez anillos de fibra óptica cubiertos con elementos de cobre. Un anillo de cobre en el interior del aparato se hacía casi invisible a la radiación de microondas, pues solo arrojaba una sombra minúscula.

En el corazón de los metamateriales está su capacidad para manipular algo llamado «índice de refracción». La refracción es la curvatura que experimenta la

trayectoria de la luz cuando atraviesa un medio transparente. Si usted mete la mano en el agua, o mira a través de los cristales de sus gafas, advertirá que el agua y el cristal distorsionan y curvan la trayectoria de la luz ordinaria.

La razón de que la luz se curve en el cristal o en el agua es que se frena cuando entra en un medio transparente denso. La velocidad de la luz en el vacío es siempre la misma, pero la luz que viaja a través del agua o del cristal debe atravesar billones de átomos y con ello se frena.

El cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad más lenta de la luz dentro de un medio es lo que se llama índice de refracción. Puesto que la luz se frena en el vidrio, el índice de refracción de este es siempre mayor que 1,0. Por ejemplo, el índice de refracción es 1,0 para el vacío, 1,0003 para el aire, 1,5 para el vidrio y 2,4 para el diamante. Normalmente, cuanto más denso es el medio, mayor es el grado de curvatura, y mayor el índice de refracción.

Un efecto familiar del índice de refracción es un espejismo. Si usted viaja en automóvil un día tórrido y mira hacia delante al horizonte, verá cómo la carretera parece brillar y crea la ilusión de un lago donde se refleja la luz. En el desierto pueden verse a veces las siluetas de ciudades y montañas distantes en el horizonte. Esto se debe a que el aire caliente que sube del asfalto o del suelo del desierto tiene una densidad menor que el aire normal, y por lo tanto un índice de refracción menor que el del aire más frío que lo rodea; por ello, la luz procedente de objetos distantes puede refractarse en el asfalto hacia sus ojos y producirle la ilusión de que está viendo objetos distantes.

Normalmente, el índice de refracción es constante. Un fino haz de luz se curva cuando entra en el vidrio y luego sigue una línea recta. Pero supongamos por un momento que pudiéramos controlar el índice de refracción a voluntad, de modo que pudiera cambiar de forma continua en cada punto del vidrio. A medida que la luz se moviera en este nuevo material, se iría curvando y alabeando en nuevas direcciones, en una trayectoria que serpentearía a través de la sustancia.

Si pudiéramos controlar el índice de refracción dentro de un metamaterial de modo que la luz rodeara un objeto, entonces el objeto se haría invisible. Para ello, este metamaterial debería tener un índice de refracción negativo, lo que cualquier libro de texto de óptica dice que es imposible. Los metamateriales son tan extraños y aparentemente absurdos que en otro tiempo se pensó que eran imposibles de construir. Pero en los últimos años se han construido metamateriales en el laboratorio, lo que ha obligado a los físicos reacios a reescribir los libros de texto de óptica.

Michio Kaku, "Metamateriales e invisibilidad". *Física de lo imposible*. Random House Mondadori (2009), pp. 46-49 (fragmento adaptado).

10 ¿Cuál es el índice de refracción para el vidrio?

A 1,0
B 1,0003
C 1,5
D 2,4

Solución

Esta pregunta nos pide reconocer una cifra que se menciona de manera explícita en el texto: el índice de refracción para el vidrio. Por lo tanto, para contestar, aplicamos la habilidad de localizar.

Las cifras que se presentan en las opciones corresponden al índice de refracción para diferentes elementos que se mencionan en el párrafo que empieza con las palabras "El cociente". La cita pertinente es esta: "El índice de refracción es 1,0 para el vacío, 1,0003 para el aire, 1,5 para el vidrio y 2,4 para el diamante". Con base en este fragmento, podemos reconocer que el índice de refracción para el vidrio es "1,5"; esta es, por lo tanto, la respuesta correcta.

11 En relación con el texto, ¿cuál es la función del siguiente párrafo?

> Un efecto familiar del índice de refracción es un espejismo. Si usted viaja en automóvil un día tórrido y mira hacia delante al horizonte, verá cómo la carretera parece brillar y crea la ilusión de un lago donde se refleja la luz. En el desierto pueden verse a veces las siluetas de ciudades y montañas distantes en el horizonte. Esto se debe a que el aire caliente que sube del asfalto o del suelo del desierto tiene una densidad menor que el aire normal, y por lo tanto un índice de refracción menor que el del aire más frío que lo rodea; por ello, la luz procedente de objetos distantes puede refractarse en el asfalto hacia sus ojos y producirle la ilusión de que está viendo objetos distantes.

A Demostrar la capacidad que tiene la luz de refractarse en el aire.
B Destacar la existencia de ilusiones ópticas provocadas por la luz.
C Explicar un concepto científico a partir de una situación familiar.
D Plantear un ejercicio imaginario para aclarar una creencia popular.

Solución

Esta pregunta nos pide determinar la función que cumple cierto párrafo en relación con el texto. Para contestar, debemos establecer relaciones entre diferentes elementos textuales y reconocer de qué manera contribuyen al propósito comunicativo; por lo tanto, aplicamos la habilidad de interpretar.

El párrafo citado se encuentra hacia el final del texto. En los párrafos anteriores, el autor explicó en qué consiste la refracción y de qué manera la densidad del medio que atraviesa la luz determina el índice de refracción en cada caso: "cuanto más denso es el medio, mayor es el grado de curvatura, y mayor el índice de refracción".

Para favorecer la comprensión de los conceptos de refracción e índice de refracción, el autor propone un ejemplo que, espera, sea fácilmente reconocido por

el público lector: "Si usted viaja en automóvil un día tórrido y mira hacia delante al horizonte, verá cómo la carretera parece brillar y crea la ilusión de un lago donde se refleja la luz". ¿Has observado este efecto alguna vez? Según el texto, un espejismo semejante se produce en el desierto, donde "pueden verse a veces las siluetas de ciudades y montañas distantes en el horizonte".

Aunque no hayamos visto el espejismo al que se refiere el autor mientras avanzamos por una carretera en un día caluroso, es probable que ese efecto óptico nos resulte familiar por haberlo visto en una película o en algún comercial de televisión. Podemos reconocer, por ejemplo, que el aire que sube del asfalto en un día caluroso o de la arena en el desierto es caliente y, según se explica en el párrafo por el que nos preguntan, "tiene una densidad menor que el aire normal, y por lo tanto un índice de refracción menor que el del aire más frío que lo rodea; por ello, la luz procedente de objetos distantes puede refractarse en el asfalto hacia sus ojos y producirle la ilusión de que está viendo objetos distantes".

De esta manera, aludiendo a una situación que probablemente le resulte familiar al público lector, el autor explica con claridad un concepto científico al que se había referido anteriormente. Por lo tanto, podemos reconocer que la respuesta correcta es esta opción: "Explicar un concepto científico a partir de una situación familiar".

12 ¿Cuál es el propósito comunicativo del texto leído?

- A Explicar un hallazgo.
- B Plantear un problema.
- C Exponer una hipótesis.
- D Presentar una innovación.

Solución

Este ejercicio nos pide determinar cuál es el propósito comunicativo del texto. Para responder esta pregunta, debemos juzgar la totalidad de la lectura; por lo tanto, usamos la habilidad de evaluar.

El carácter innovador de los metamateriales se anuncia desde el primer párrafo del texto: "Quizá el más prometedor entre los nuevos desarrollos que implican invisibilidad es un nuevo material exótico llamado un «metamaterial», que tal vez un día haga los objetos verdaderamente invisibles". Nota que el autor describe con el adjetivo "nuevo" el desarrollo científico del que va a hablar en el artículo: un "nuevo material exótico", que es, quizá, el "nuevo desarrollo" más prometedor de la actualidad. Al final del párrafo, se insiste en la innovación que implican los metamateriales: "ahora tenemos por primera vez en la historia un diseño para hacer invisibles objetos ordinarios". Asegurar que algo se hace

"por primera vez en la historia" es otra forma de decir que se trata de algo nuevo o de una "innovación".

Con base en la explicación que ofrece el autor a lo largo del texto, podemos reconocer que los metamateriales no son un hallazgo, sino que son el resultado de acciones humanas, de intervenciones concretas con fines experimentales. Por ejemplo, en el párrafo que comienza con la pregunta "¿Qué son estos metamateriales?", se explica lo siguiente: "los científicos insertaron en bandas de cobre minúsculos circuitos eléctricos dispuestos en círculos planos concéntricos"; en otras palabras, la invisibilidad de los metamateriales no es un descubrimiento que hayan hecho los científicos, ni un problema que busquen resolver, ni una hipótesis que quieran comprobar. En cambio, es el resultado de una acción planeada y estudiada científicamente y, por lo tanto, podemos definirla como una innovación.

Dado que el texto se desarrolla a partir de la explicación de esta innovación y sus posibles implicaciones futuras, por ejemplo, con respecto a los libros de texto de óptica, podemos determinar que la respuesta correcta es esta: "Presentar una innovación".

Ahora, contesta otras preguntas para evaluar tu comprensión de este texto.

13 **Según el texto, ¿cuál es una capacidad de los metamateriales?**

A Viajar a través del espacio vacío.
B Invisibilizar aleaciones de cobre.
C Crear ilusiones ópticas brillantes.
D Manipular el índice de refracción.

Haz una pausa

¿Qué funciones cumplen las comillas incluidas en el texto?

14 Según el texto, ¿qué son los metamateriales?

A Circuitos concéntricos que refractan la luz.
B Sustancias con propiedades ópticas artificiales.
C Mezclas sofisticadas de ondas electromagnéticas.
D Implantes electromagnéticos de formas heterodoxas.

15 ¿Cuál es el tema del siguiente párrafo?

> El cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad más lenta de la luz dentro de un medio es lo que se llama índice de refracción. Puesto que la luz se frena en el vidrio, el índice de refracción de este es siempre mayor que 1,0. Por ejemplo, el índice de refracción es 1,0 para el vacío, 1,0003 para el aire, 1,5 para el vidrio y 2,4 para el diamante. Normalmente, cuanto más denso es el medio, mayor es el grado de curvatura, y mayor el índice de refracción.

A La curvatura de la luz.
B El índice de refracción.
C La relación entre la velocidad y la luminosidad.
D El cálculo de la refracción según el medio observado.

16 ¿Qué relación plantea el siguiente párrafo respecto al párrafo que le sigue en el texto?

> En el corazón de los metamateriales está su capacidad para manipular algo llamado «índice de refracción». La refracción es la curvatura que experimenta la trayectoria de la luz cuando atraviesa un medio transparente. Si usted mete la mano en el agua, o mira a través de los cristales de sus gafas, advertirá que el agua y el cristal distorsionan y curvan la trayectoria de la luz ordinaria.

A Lo amplía
B Lo explica.
C Lo contradice.
D Lo ejemplifica.

17 ¿Qué se puede inferir del texto sobre la radiación de microondas?

A Que debe ser estudiada por los científicos interesados en la luz.

B Que permite que los objetos se vuelvan transparentes a simple vista.

C Que es un factor determinante para la invisibilidad de los metamateriales.

D Que implica la medición de los índices de refracción de diferentes elementos.

En este QR, encuentras las soluciones de las preguntas de este género textual, al igual que un texto nuevo con preguntas adicionales.

Desafío PAES

El texto y la pregunta que se presentan a continuación han sido rendidos en Puntaje Nacional por más de **6.000 estudiantes** como parte de su preparación para la PAES. Adaptamos estos materiales para ti para que puedas practicar y poner a prueba tus habilidades.

Tu meta

Lee y aplica las estrategias que has aprendido para analizar textos expositivos y científicos, identificando elementos como las ideas centrales, los conceptos que se explican y la manera en la que está escrito el texto.

Temperatura y termómetros

Con frecuencia el concepto de temperatura se asocia con qué tan caliente o frío se siente un objeto cuando se toca. De esta forma, los sentidos proporcionan una indicación cualitativa de la temperatura. Sin embargo, los sentidos no son confiables y con frecuencia hacen que uno se equivoque. Por ejemplo, si retira del refrigerador una bandeja o cubeta metálica de hielos y una caja de cartón de vegetales congelados, la bandeja de hielos se siente más fría que la caja, aun cuando ambas estén a la misma temperatura. Los dos objetos se sienten diferentes porque el metal transfiere energía por calor a una proporción mayor que el cartón. Lo que se necesita es un método confiable y reproducible para medir lo caliente o lo frío relativo de los objetos en lugar de la rapidez de transferencia de energía. Los científicos han elaborado una diversidad de termómetros para hacer tales mediciones cuantitativas.

Con el tiempo, dos objetos a diferentes temperaturas iniciales llegan a alguna temperatura intermedia cuando se colocan en contacto mutuo. Por ejemplo, cuando en una tina de baño se mezclan agua caliente y agua fría, la temperatura final de la mezcla está en algún punto entre las temperaturas caliente y fría iniciales. Del mismo modo, cuando un cubo de hielo se deja caer en una taza de café caliente, el cubo de hielo se funde y la temperatura del café disminuye.

Piense que dos objetos se colocan en un contenedor aislado tal que interactúan uno con otro, pero no con el ambiente. Si los objetos están a diferentes temperaturas, entre ellos se transfiere energía, incluso si al inicio no están en contacto físico mutuo. Los mecanismos de transferencia de energía son el calor y la radiación electromagnética. Para propósitos de esta exposición, considere que dos objetos están en contacto térmico mutuo si entre ellos pueden intercambiar energía mediante dichos procesos debido a una diferencia de temperatura. El equilibrio térmico es una situación en la que dos objetos no intercambiarían energía, sea por calor o radiación electromagnética, si entran en contacto térmico.

Considere dos objetos, A y B, que no están en contacto térmico, y un tercer objeto C, que es un termómetro. Se quiere determinar si A y B están en equilibrio térmico uno con otro. El termómetro (objeto C) primero se coloca en contacto térmico con el objeto A hasta que llega a equilibrio térmico. A partir de ese momento, la lectura del termómetro permanece constante y se registra. Luego el termómetro se retira del objeto A y se pone en contacto térmico con el objeto B. De nuevo se registra la lectura, después de llegar al equilibrio térmico. Si las dos lecturas son iguales, el objeto A y el objeto B están en equilibrio térmico uno con otro. Si se colocan en contacto mutuo, no hay intercambio de energía entre ellos.

Estos resultados se resumen en un enunciado conocido como ley cero de la termodinámica (ley de equilibrio):

> *Si los objetos A y B están por separado en equilibrio térmico con un tercer objeto C, en tal caso A y B están en equilibrio térmico entre sí.*

Este enunciado se prueba fácilmente de manera experimental y es muy importante, porque permite definir la temperatura. Se puede considerar a la temperatura como la propiedad que determina si un objeto está en equilibrio térmico con otros objetos. Dos objetos en equilibrio térmico, uno con otro, están a la misma temperatura. En sentido inverso, si dos objetos tienen diferentes temperaturas, no están en equilibrio térmico uno con otro.

Termómetros y escala de temperatura Celsius

Los termómetros son dispositivos que sirven para medir la temperatura de un sistema. Todos los termómetros se basan en el principio de que alguna propiedad física de un sistema cambia a medida que varía la temperatura del sistema. Algunas propiedades físicas que cambian con la temperatura son 1) el volumen de un líquido, 2) las dimensiones de un sólido, 3) la presión de un gas a volumen constante, 4) el volumen de un gas a presión constante, 5) la resistencia eléctrica de un conductor y 6) el color de un objeto.

Un termómetro de uso cotidiano consiste en una masa de líquido, por lo general mercurio o alcohol, que se expande en un tubo capilar de vidrio cuando se calienta. En este caso, la propiedad física que cambia es el volumen del líquido. Cualquier cambio de temperatura en el intervalo del termómetro se define como proporcional al cambio en longitud de la columna de líquido. El termómetro se calibra al colocarlo en contacto térmico con un sistema natural que permanezca a temperatura constante. Uno de dichos sistemas es una mezcla de agua y hielo en equilibrio térmico a presión atmosférica. En la escala de temperatura Celsius, esta mezcla se define como una temperatura de cero grados Celsius, que se escribe como 0 °C; esta temperatura se llama punto de hielo del agua. Otro sistema usado comúnmente es una mezcla de agua y vapor en equilibrio térmico a presión atmosférica; su temperatura se define como 100 °C, que es el punto de vapor del agua. Una vez que los niveles del líquido en el termómetro se establecen en estos dos puntos, la longitud de la columna de líquido entre los dos puntos se divide en 100 segmentos iguales para crear la escala Celsius. Por lo tanto, cada segmento indica un cambio en temperatura de un grado Celsius.

Los termómetros calibrados de esta manera presentan problemas cuando se necesitan lecturas de extrema precisión. Por ejemplo, las lecturas proporcionadas por un termómetro de alcohol calibrado en los puntos de hielo y de vapor de agua quizá concuerden solo en los puntos de calibración con las lecturas que da un termómetro de mercurio. Dado que el mercurio y el alcohol tienen diferentes propiedades de expansión térmica, cuando un termómetro lee una temperatura de, por ejemplo 50 °C, el otro tal vez indique un valor un poco diferente. Las discrepancias entre termómetros son especialmente grandes cuando las temperaturas a medir están lejos de los puntos de calibración.

Raymond A. Serway y John W. Jewett, Jr., *Física para ciencias e ingeniería*, volumen 1 (7 ed.).
Trad. Víctor Campos Olguín. Ciudad de México: Cengage (2008), pp. 532-535 (fragmento adaptado).

Desafío PAES

Pregunta

1. En relación con el texto, ¿qué función cumple la mención de los puntos de hielo y vapor del agua?

   A. Explicar cómo se calibran los termómetros de mercurio y alcohol.
   B. Demostrar que la temperatura no depende del material del termómetro.
   C. Mostrar que distintos líquidos se expanden de manera diferente con el calor.
   D. Indicar los límites de temperatura en que se pueden usar estos termómetros.

Piensa tu respuesta

1. Identifica la estructura general del texto y su propósito principal. Los textos expositivos suelen tener una introducción, desarrollo y conclusión, y buscan informar o explicar un tema.
2. Observa cómo se presenta la información sobre los puntos de hielo y vapor del agua. Fíjate especialmente en el contexto en el que se mencionan y qué otros conceptos se relacionan con ellos.
3. Analiza la relación entre los puntos de hielo y vapor del agua y el proceso de calibración de los termómetros descrito en el texto.
4. Detente en las opciones que descartaste y explica por qué son incorrectas.

La opción _____ es **correcta** porque _____

_____

La opción _____ es incorrecta porque _____

_____

La opción _____ es incorrecta porque _____

_____

La opción _____ es incorrecta porque _____

_____

¿Cómo respondiste?

☐ Respondí con seguridad. ☐ Tengo dudas. ☐ Contesté al azar.

Explica en qué te basas para sentir seguridad en tu respuesta o qué te falta para sentir esa seguridad.

_____

_____

Revisa tu respuesta

Analiza la pregunta y las opciones de respuesta.

1 En relación con el texto, ¿qué función cumple la mención de los puntos de hielo y vapor del agua?

En esta pregunta, se espera que determines el propósito específico de incluir la información sobre los puntos de hielo y vapor del agua en el contexto de la lectura. Para responder, debes considerar cómo esta información se relaciona con el tema principal del texto y qué papel juega en la explicación del concepto de temperatura y la calibración de termómetros.

Es importante tener en cuenta el género textual (texto expositivo científico) y su objetivo de explicar conceptos de manera clara y precisa. En este tipo de textos, cada elemento suele tener una función específica en la construcción del conocimiento o la explicación de un proceso.

A Explicar cómo se calibran los termómetros de mercurio y alcohol.

Esta es la respuesta correcta. El texto menciona los puntos de hielo y vapor del agua específicamente en el contexto de la calibración de termómetros. Se explica que estos puntos se usan como referencias fijas (0 °C y 100 °C, respectivamente) para establecer la escala Celsius en los termómetros de líquido. El texto detalla cómo se utiliza la distancia entre estos puntos para crear una escala de cien segmentos iguales, cada uno representando un grado Celsius.

B Demostrar que la temperatura no depende del material del termómetro.

Esta opción es incorrecta. Aunque el texto menciona que puede haber discrepancias entre termómetros de diferentes materiales, la función principal de mencionar los puntos de hielo y vapor no es demostrar la independencia de la temperatura respecto al material del termómetro. De hecho, el texto sugiere lo contrario al mencionar las posibles diferencias en las lecturas debido a las propiedades de expansión térmica de diferentes líquidos.

C Mostrar que distintos líquidos se expanden de manera diferente con el calor.

Si bien el texto menciona este hecho, no es la función principal de la mención de los puntos de hielo y vapor del agua. Esta información se presenta más adelante en el texto como una limitación de los termómetros calibrados de esta manera, no como el propósito de mencionar estos puntos de referencia.

D Indicar los límites de temperatura en que se pueden usar estos termómetros.

Esta opción es incorrecta. El texto no utiliza los puntos de hielo y vapor del agua para establecer límites de uso de los termómetros. Estos puntos se presentan como referencias para la calibración, no como límites operativos de los instrumentos.

Reflexiona sobre tu respuesta

Explica qué te llevó a equivocarte o qué te ayudó a responder correctamente.