



MASSACHUSETTS  
Department of Elementary  
and Secondary Education

*Release of Spring 2023*

*MCAS Test Items*

*from the*

*High School Introductory Physics  
Spanish Language Paper-Based Test*

**July 2023**

**Massachusetts Department of  
Elementary and Secondary Education**



MASSACHUSETTS

Department of Elementary  
and Secondary Education

This document was prepared by the  
Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education  
Jeffrey C. Riley  
Commissioner

The Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, an affirmative action employer, is committed to ensuring that all of its programs and facilities are accessible to all members of the public. We do not discriminate on the basis of age, color, disability, gender identity, national origin, race, religion, sex or sexual orientation. Inquiries regarding the Department's compliance with Title IX and other civil rights laws may be directed to the Human Resources Director, 75 Pleasant St., Malden, MA 02148 781-338-6105.

© 2023 Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education

*Permission is hereby granted to copy for non-commercial educational purposes any or all parts of this document with the exception of English Language Arts passages that are not designated as in the public domain. Permission to copy all other passages must be obtained from the copyright holder. Please credit the "Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education."*

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education  
75 Pleasant Street, Malden, MA 02148-4906  
Phone 781-338-3000 TTY: N.E.T. Relay 800-439-2370  
[www.doe.mass.edu](http://www.doe.mass.edu)



# Overview of High School Introductory Physics

## Spanish-Language Edition

The spring 2023 high school Introductory Physics test was a next-generation assessment that was administered in two formats: a computer-based version and a paper-based version. Most students took the computer-based test. The paper-based test was offered as an accommodation for eligible students who were unable to use a computer. More information can be found on the MCAS Test Administration Resources page at [www.doe.mass.edu/mcas/admin.html](http://www.doe.mass.edu/mcas/admin.html).

Since approximately 55% of English learner (EL) students in Massachusetts public schools are native Spanish speakers, the Department created Spanish-language editions of both the computer-based and paper-based test forms. These Spanish-language forms were made available to eligible Spanish-speaking students.

**This document displays released items from the paper-based test.** Paper-based test booklets for the Spanish-language edition were issued in side-by-side English/Spanish format: pages on the left side of each booklet presented questions in Spanish; pages on the right side presented the same questions in English. English-language questions have been omitted from this document. To view these English-language questions, please refer to the released spring 2023 test items for Introductory Physics, available on the Department’s website at [www.doe.mass.edu/mcas/release.html](http://www.doe.mass.edu/mcas/release.html).

### Test Sessions and Content Overview

The high school Introductory Physics test was made up of two separate test sessions. Each session included selected-response questions and constructed-response questions. On the paper-based test, the selected-response questions were multiple-choice items and multiple-select items, in which students select the correct answer(s) from among several answer options.

### Standards and Reporting Categories

The high school Introductory Physics test was based on learning standards in the 2016 *Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*. The Framework is available on the Department website at [www.doe.mass.edu/frameworks/current.html](http://www.doe.mass.edu/frameworks/current.html).

The introductory physics standards are grouped under the three content reporting categories listed below. Note that standard HS.PHY.1.8 is included in the Energy reporting category.

- Motion, Forces, and Interactions
- Energy
- Waves

Some items on the high school Introductory Physics test are also reported as aligning to one of three MCAS Science Practice Categories. The three practice categories are listed below.

- Practice Category A: Investigations and Questioning
- Practice Category B: Mathematics and Data
- Practice Category C: Evidence, Reasoning, and Modeling

More information about the practice categories is available on the Department website at [www.doe.mass.edu/frameworks/current.html](http://www.doe.mass.edu/frameworks/current.html).

The table at the conclusion of this document provides the following information about each released operational item: reporting category, standard covered, practice category covered (if any), item type, and item description. The correct answers for released selected-response questions are also displayed in the table.

### Reference Materials

Each student taking the paper-based version of the high school Introductory Physics test was provided with an Introductory Physics Reference Sheet. A copy of the reference sheet follows the final question in this chapter. Each student also had sole access to a calculator.

During both high school Introductory Physics test sessions, the use of bilingual word-to-word dictionaries was allowed for current and former English learner students.

# Escuela Secundaria

# Introducción a la Física

## SESIÓN 1

Esta sesión contiene 21 preguntas.

### **Instrucciones**

Lee cada pregunta detenidamente y luego respóndela lo mejor posible. Debes escribir todas las respuestas en tu Folleto de respuestas del estudiante.

Para algunas preguntas, marcarás tus respuestas rellenando los círculos en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de sombrear los círculos completamente. No hagas ninguna marca fuera de los círculos. Si necesitas cambiar una respuesta, asegúrate de borrar tu primera respuesta completamente.

Si en alguna pregunta se te pide que demuestres o expliques tu trabajo, debes hacerlo para recibir el crédito completo. Escribe tu respuesta en el espacio provisto en tu Folleto de respuestas del estudiante. Solo las respuestas escritas dentro del espacio provisto serán calificadas.

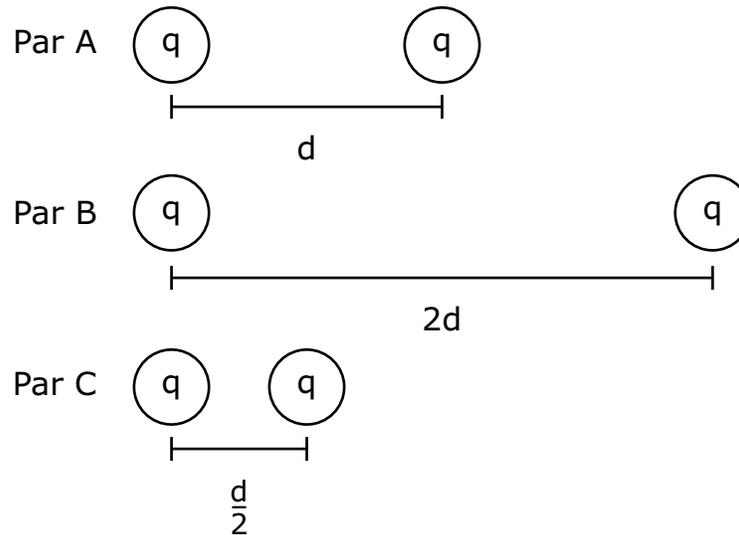
- 1 En la tabla se indican las velocidades y masas de cuatro objetos.

Objeto	Velocidad (m/s)	Masa (kg)
W	9	14
X	10	14
Y	11	12
Z	12	12

¿Qué objeto tiene el mayor momento?

- A. objeto W
- B. objeto X
- C. objeto Y
- D. objeto Z

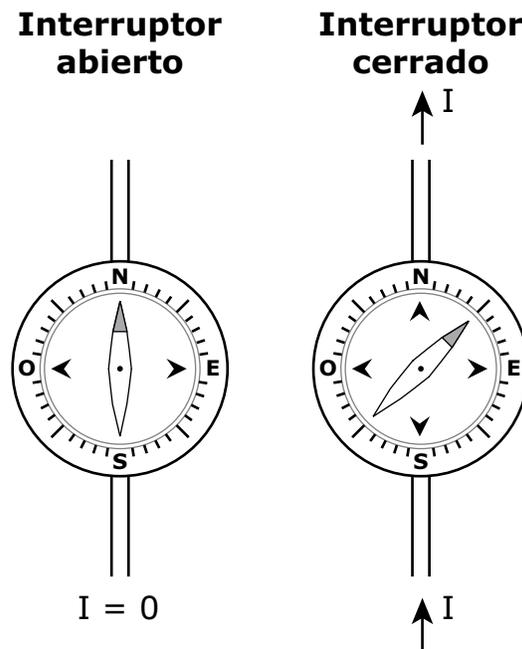
- 2 El diagrama muestra tres pares de partículas cargadas positivamente, A, B y C.



¿Cuál de las siguientes describe mejor dos de los pares de partículas cargadas?

- A. El par A tiene la menor fuerza eléctrica y el par B tiene la mayor fuerza eléctrica.
- B. El par B tiene la menor fuerza eléctrica y el par A tiene la mayor fuerza eléctrica.
- C. El par B tiene la menor fuerza eléctrica y el par C tiene la mayor fuerza eléctrica.
- D. El par C tiene la menor fuerza eléctrica y el par B tiene la mayor fuerza eléctrica.

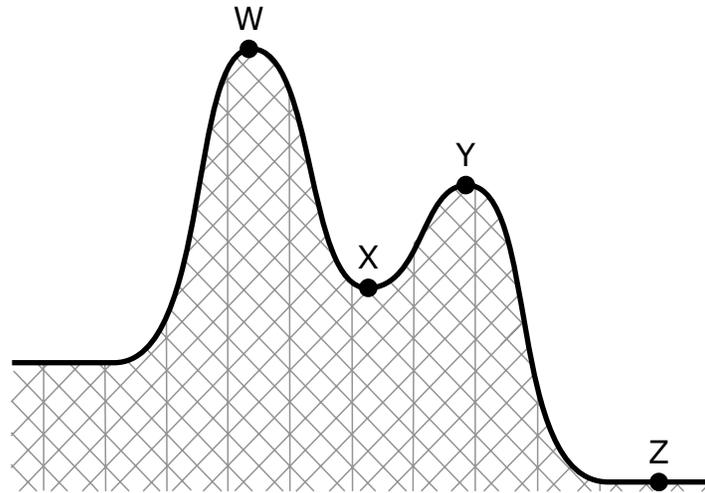
- 3 Un estudiante realiza una investigación con una brújula y un circuito con un interruptor. Inicialmente, el interruptor está abierto y la brújula se coloca sobre parte del cable para que la aguja de la brújula y el cable estén alineados. Cuando se cierra el interruptor, la aguja de la brújula se mueve. Los diagramas representan la brújula sobre el cable.



¿Cuál de las siguientes explica **mejor** por qué la aguja de la brújula se mueve cuando el interruptor está cerrado?

- A. La energía potencial genera energía cinética.
- B. La energía eléctrica genera una atracción gravitatoria.
- C. Las cargas eléctricas en movimiento generan una fuerza magnética.
- D. Los polos magnéticos en movimiento generan ondas electromagnéticas.

- 4 Se muestra una parte de la pista de una montaña rusa. Imagina que la fricción no es significativa. Los cuatro puntos de la pista se rotulan W, X, Y y Z.



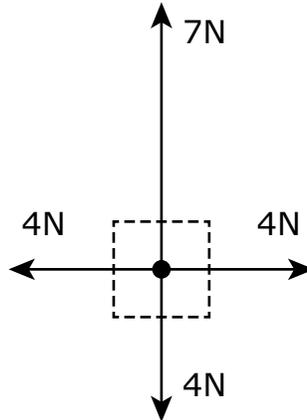
¿En qué parte de la pista un carro tendría la **mayor** energía potencial gravitatoria?

- A. punto W
- B. punto X
- C. punto Y
- D. punto Z

¿En qué parte de la pista un carro tendría la **mayor** energía cinética?

- E. punto W
- F. punto X
- G. punto Y
- H. punto Z

- 5 Se muestra el diagrama de fuerza de cuerpo libre de un objeto.



Según el diagrama de fuerza de cuerpo libre, ¿cuál de las siguientes describe el movimiento del objeto?

- A. El objeto se acelera hacia arriba.
- B. El objeto se acelera hacia la derecha.
- C. El objeto se mueve hacia arriba a velocidad constante.
- D. El objeto se mueve hacia la izquierda a velocidad en aumento.

Esta pregunta tiene dos partes.

- 6 Una carga de prueba positiva se coloca en el campo de una carga positiva que está fija en una posición. Primero la carga de prueba se mantiene fija y luego se permite que se mueva. El diagrama muestra las dos cargas.



### Parte A

El campo de la carga fija hará que la carga de prueba se mueva

- A. hacia arriba.
- B. hacia la derecha.
- C. hacia abajo.
- D. hacia la izquierda.

### Parte B

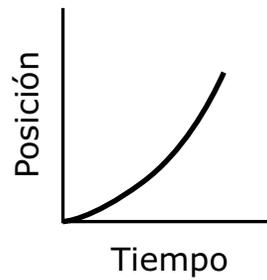
¿Cuál de las siguientes describe cómo cambiarán la distancia y las fuerzas entre las dos cargas a medida que se mueva la carga de prueba?

- A. La distancia aumentará, lo que hará que las fuerzas aumenten.
- B. La distancia aumentará, lo que hará que las fuerzas disminuyan.
- C. La distancia disminuirá, lo que hará que las fuerzas aumenten.
- D. La distancia disminuirá, lo que hará que las fuerzas disminuyan.



- 9 El gráfico muestra la posición de un objeto a lo largo del tiempo.

**Posición vs. tiempo**



La velocidad del objeto

- A. aumenta.
- B. disminuye.
- C. es constante.

Las fuerzas que actúan sobre el objeto

- D. están equilibradas.
- E. están desequilibradas.

- 10 La tabla muestra la fuerza neta que actuó sobre un objeto y la distancia que recorrió durante cuatro intervalos de tiempo.

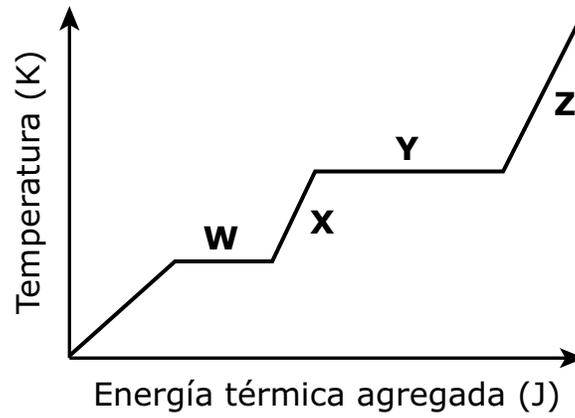
Intervalo de tiempo	Fuerza neta (N)	Distancia recorrida (m)
1	10	4
2	7	2
3	5	6
4	12	2

¿Durante qué intervalo de tiempo se realizó la **mayor parte** del trabajo sobre el objeto?

- A. intervalo de tiempo 1
- B. intervalo de tiempo 2
- C. intervalo de tiempo 3
- D. intervalo de tiempo 4

- 11 El gráfico muestra el cambio de temperatura de una sustancia cuando se le agrega energía térmica. Cuatro secciones del gráfico están etiquetadas.

### Curva de calentamiento de una sustancia



¿En qué sección del gráfico la sustancia cambia de estado líquido a gaseoso?

- A. sección W
- B. sección X
- C. sección Y
- D. sección Z

La siguiente sección se centra en dos demostraciones sobre los comportamientos de las ondas realizadas en el salón de clases.

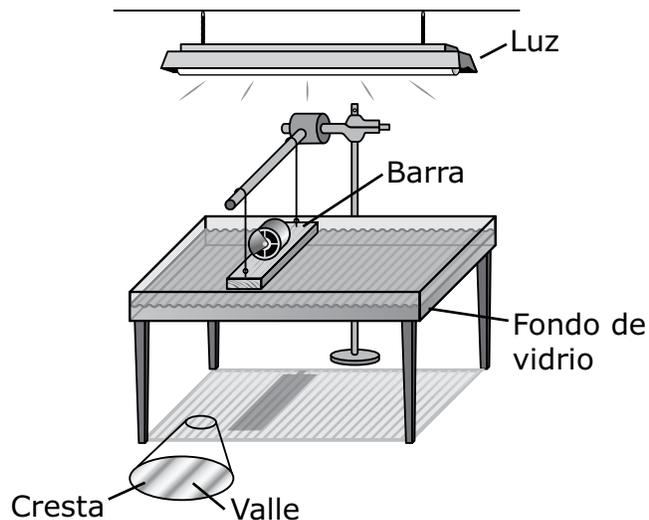
Lee la información que se muestra a continuación y utilízala para responder a las preguntas de opción múltiple y a la pregunta de desarrollo que le siguen.

Los estudiantes de una clase de Física estudiaron el comportamiento de las ondas observando distintos tipos de ondas en dos demostraciones.

### Demostración 1

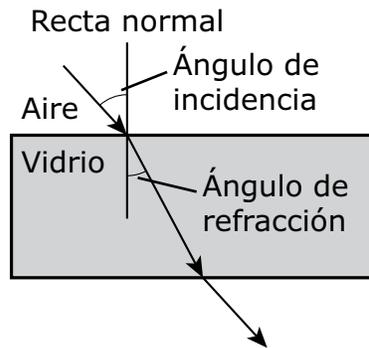
Para la demostración 1, los estudiantes observaron las ondas en una cubeta de ondas, que es un recipiente con fondo de vidrio. La cubeta de ondas se llenó con un par de pulgadas de agua. Las ondas eran generadas por una barra que se movía hacia arriba y hacia abajo en el agua. Los estudiantes podían ajustar la frecuencia de movimiento de la barra.

Una luz colocada sobre la cubeta creaba sombras de las ondas en el piso. La cresta de cada onda formaba una sombra oscura, mientras que el valle de cada onda formaba una sombra clara. Se muestra la configuración para la demostración 1.



**Demostración 2**

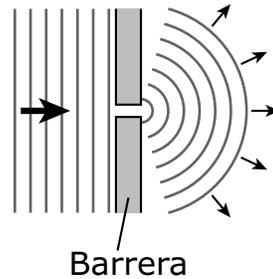
Para la demostración 2, los estudiantes apuntaron con la luz roja de un puntero láser a un bloque de vidrio. La luz roja tenía una frecuencia de  $4 \times 10^{14}$  Hz. La trayectoria de la luz a medida que atravesaba el bloque se representa en el diagrama.



- 12** ¿Cuál de las siguientes describe las ondas en ambas demostraciones 1 y 2?
- A. Transportan energía.
  - B. Son longitudinales.
  - C. Son electromagnéticas.
  - D. Se mueven a la misma velocidad.
- 13** En la demostración 1, los estudiantes configuraron la frecuencia de movimiento de la barra en la cubeta de ondas a 12 Hz. Según esta información, ¿qué se puede determinar acerca de las ondas creadas?
- A. la velocidad a la que se mueve una onda en la cubeta de ondas
  - B. la cantidad de tiempo que tarda una onda en completar un ciclo
  - C. la velocidad con la que una onda pierde energía y le transfiere a su entorno
  - D. la cantidad de tiempo que tarda una onda en llegar al extremo de la cubeta de ondas
- 14** ¿Cuál es la longitud de onda de la luz láser utilizada en la demostración 2?
- A.  $2.5 \times 10^{-15}$  m
  - B.  $7.5 \times 10^{-7}$  m
  - C.  $1.3 \times 10^6$  m
  - D.  $1.2 \times 10^{23}$  m

Esta pregunta tiene dos partes.

- 15 Los estudiantes modificaron la demostración 1 colocando dos barreras en medio de la cubeta de ondas. Las ondas pasaban por un espacio pequeño entre las barreras. El diagrama muestra el patrón de ondas que se produjo cuando las ondas pasaron por el espacio pequeño.



### Parte A

A medida que las ondas pasaban por el espacio,

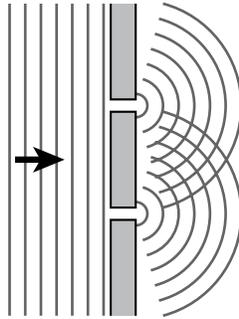
- A. se curvaron a su alrededor.
- B. su frecuencia aumentó.
- C. ganaron energía y se esparcieron.

Este fenómeno de onda se denomina

- D. difracción.
- E. refracción.

**Parte B**

Los estudiantes agregaron una tercera barrera a la cubeta de ondas para que hubiera dos espacios. A medida que las ondas pasaban por los espacios, estas interferían, como se muestra en el diagrama.



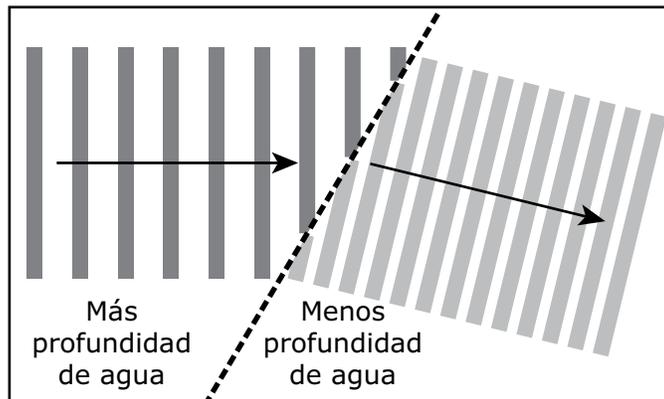
¿Cuál de las siguientes describe mejor cómo ocurrió la interferencia constructiva?

- A. Las crestas de las ondas que pasaron por un espacio se encontraron con las longitudes de onda de las ondas que pasaron por el otro espacio.
- B. Las crestas de las ondas que pasaron por un espacio se encontraron con los valles de las ondas que pasaron por el otro espacio.
- C. Las crestas de las ondas que pasaron por un espacio se encontraron con los nodos de las ondas que pasaron por el otro espacio.
- D. Las crestas de las ondas que pasaron por un espacio se encontraron con las crestas de las ondas que pasaron por el otro espacio.

**Esta pregunta tiene tres partes. Escribe tu respuesta en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de etiquetar cada parte de tu respuesta.**

**16** En la demostración 1, los estudiantes configuraron la frecuencia de movimiento de la barra en la cubeta de ondas a 8 Hz. La longitud de onda de la onda resultante fue de 0.11 m.

- Determina la velocidad de la onda resultante. Muestra tus cálculos e incluye unidades en tu respuesta.
- La cubeta de ondas utilizada en la demostración 1 se reemplazó por una cubeta de ondas que tenía una sección con más profundidad de agua y una sección con menos profundidad de agua. El diagrama que se muestra a continuación representa el patrón de ondas producido cuando se utilizó la nueva cubeta de ondas.

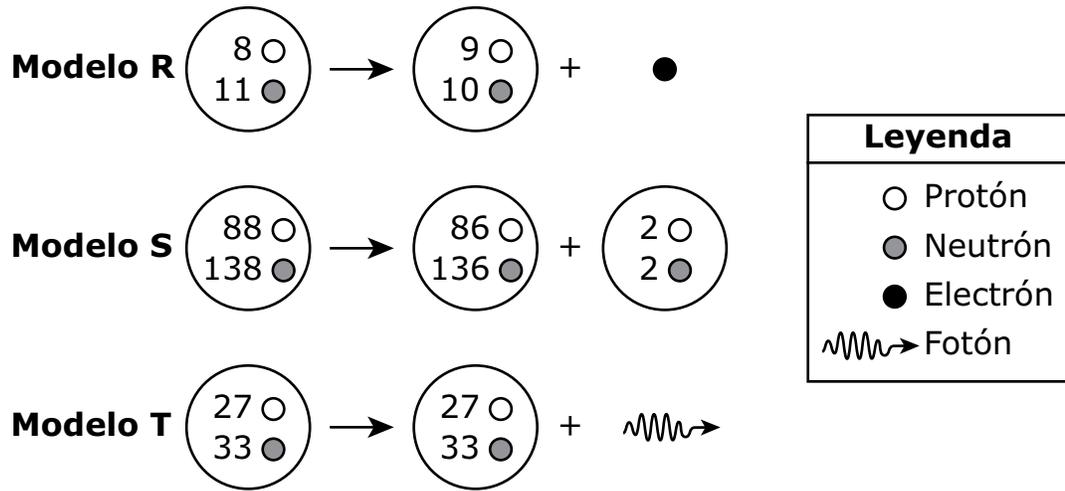


Según el diagrama, compara la longitud de onda de las ondas en la sección con poca profundidad de agua con la longitud de onda de las ondas en la sección de más profundidad de agua.

- La frecuencia de las ondas se mantuvo igual a medida que las ondas se movían de la sección con más profundidad de agua a la sección con menos profundidad de agua en la nueva cubeta de ondas.

Compara la velocidad de las ondas que se desplazaron en la sección con mucha profundidad de agua con la velocidad de las ondas que se desplazaron en la sección con menos profundidad de agua. Explica tu razonamiento.

- 17 Los modelos que se muestran representan tres tipos de desintegración radiactiva.

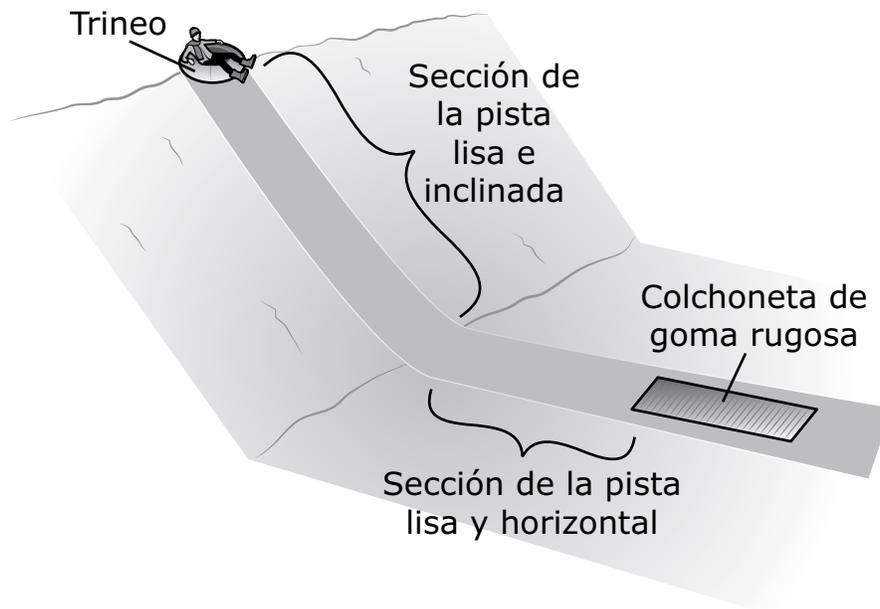


¿Qué tipo de desintegración representa cada modelo?

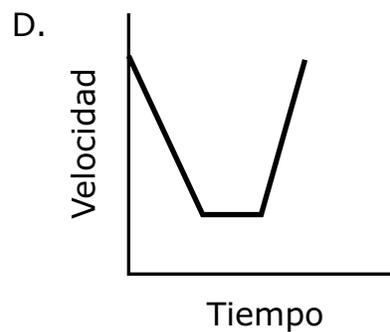
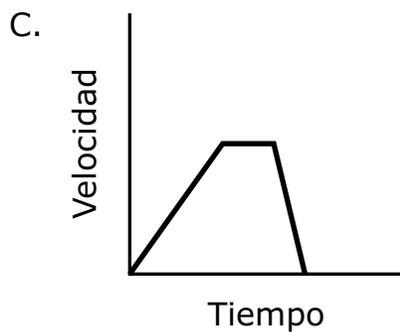
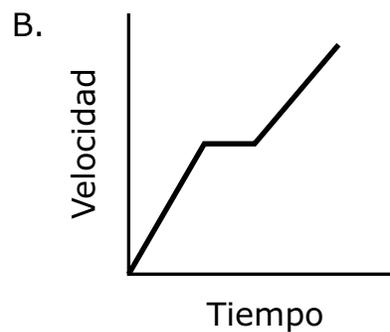
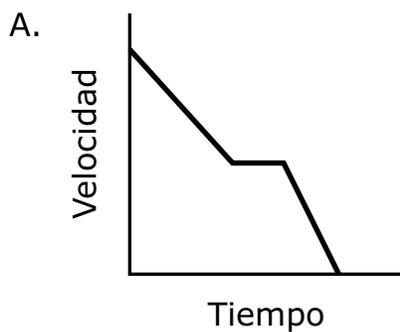
- |  |  |
|--|--|
| <p>A. Modelo R: desintegración alfa<br/>Modelo S: desintegración gamma<br/>Modelo T: desintegración beta</p> | <p>B. Modelo R: desintegración beta<br/>Modelo S: desintegración alfa<br/>Modelo T: desintegración gamma</p> |
| <p>C. Modelo R: desintegración beta<br/>Modelo S: desintegración gamma<br/>Modelo T: desintegración alfa</p> | <p>D. Modelo R: desintegración gamma<br/>Modelo S: desintegración beta<br/>Modelo T: desintegración alfa</p> |
- 18 Un cohete con una aceleración constante de  $25 \text{ m/s}^2$  tiene una velocidad inicial de  $200 \text{ m/s}$  en la misma dirección que la aceleración. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad del cohete  $10 \text{ s}$  después?

- |             |             |
|-------------|-------------|
| A. 250 m/s  | B. 450 m/s  |
| C. 1250 m/s | D. 1450 m/s |

- 19 Una persona se deslizó en un trineo por una pista en una colina nevada. La persona comenzó en reposo en la cima de la colina y se detuvo en una colchoneta de goma rugosa al pie de la colina. La pista se muestra en el diagrama.



¿Cuál de los siguientes gráficos representa mejor la velocidad de la persona en el trineo desde la cima de la colina hasta la colchoneta?



**Esta pregunta tiene tres partes. Escribe tu respuesta en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de etiquetar cada parte de tu respuesta.**

- 20** La tabla muestra información sobre los primeros cuatro planetas del sistema solar.

<b>Planeta</b>	<b>Razón entre la masa del planeta y la masa de la Tierra</b>	<b>Razón entre la distancia del planeta al Sol y la distancia de la Tierra al Sol</b>
Mercurio	0.06	0.39
Venus	0.82	0.72
Tierra	1.00	1.00
Marte	0.11	1.52

- a.** Identifica la fuerza que mantiene a los planetas en órbita alrededor del Sol.
- b.** Identifica qué fuerza es mayor: la fuerza de atracción máxima entre Venus y la Tierra o la fuerza de atracción máxima entre Marte y la Tierra. Proporciona dos argumentos para justificar tu respuesta según los datos de la tabla.
- c.** Imagina que el Sol tuviera un 30% menos de masa de la que tiene en realidad.  
¿Cuánto cambiaría la fuerza de atracción entre el Sol y los planetas?  
Explica tu respuesta.

**Esta pregunta tiene cuatro partes. Escribe tu respuesta en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de etiquetar cada parte de tu respuesta.**

**21** Un estudiante realizó una investigación para determinar el calor específico del vidrio. El estudiante colocó cinco canicas de vidrio, con un peso total de 27.3 g, en un vaso de precipitados con agua hirviendo. Después de que las canicas alcanzaron los  $100^{\circ}\text{C}$ , el estudiante las colocó en un vaso aislado que contenía 75 g de agua a  $20^{\circ}\text{C}$ . El agua y las canicas de vidrio contenidas en el vaso alcanzaron con el tiempo una temperatura de  $25.5^{\circ}\text{C}$ .

**a.** En el vaso aislado con agua, ¿el calor fluyó del agua a las canicas o de las canicas al agua? Explica tu respuesta.

**b.** El calor específico del agua es  $4.19 \text{ J/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ .

Determina la cantidad de energía térmica que obtuvo el agua del vaso. Muestra tus cálculos e incluye unidades en tu respuesta.

**c.** Determina el calor específico del vidrio. Muestra tus cálculos e incluye unidades en tu respuesta.

**d.** La investigación se repite con diez canicas de vidrio que tienen una masa total de 54.6 g.

Compara el calor específico de las cinco canicas de vidrio con el calor específico de las diez canicas de vidrio. Explica tu respuesta.

# Escuela Secundaria

## Introducción a la Física

### SESIÓN 2

Esta sesión contiene 21 preguntas.

#### **Instrucciones**

Lee cada pregunta detenidamente y luego respóndela lo mejor posible. Debes escribir todas las respuestas en tu Folleto de respuestas del estudiante.

Para algunas preguntas, marcarás tus respuestas rellenando los círculos en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de sombrear los círculos completamente. No hagas ninguna marca fuera de los círculos. Si necesitas cambiar una respuesta, asegúrate de borrar tu primera respuesta completamente.

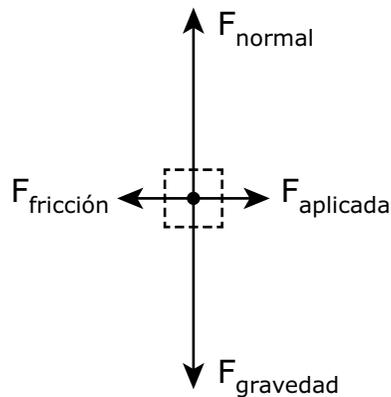
Si en alguna pregunta se te pide que demuestres o expliques tu trabajo, debes hacerlo para recibir el crédito completo. Escribe tu respuesta en el espacio provisto en tu Folleto de respuestas del estudiante. Solo las respuestas escritas dentro del espacio provisto serán calificadas.

- 22 Un estudiante dejará caer globos de agua en cuatro recipientes para determinar qué recipiente disminuye mejor la fuerza de colisión sobre los globos de agua para que no se rompan.

Escoge **dos** variables que el estudiante debe mantener constantes durante el examen para determinar qué recipiente disminuye mejor la fuerza de colisión sobre los globos de agua.

- A. la masa de cada globo de agua
- B. la temperatura de cada globo de agua
- C. la frecuencia con la que se dejan caer los globos de agua
- D. la altura desde la que se dejan caer los globos de agua
- E. el tiempo que transcurre entre dejar caer un globo de agua y el siguiente

- 23 Una persona empuja un refrigerador por el piso con una fuerza horizontal de 400 N. El diagrama de fuerza de cuerpo libre representa todas las fuerzas que actúan sobre el refrigerador.



Según el diagrama de fuerza de cuerpo libre, a medida que el refrigerador se mueve por el piso, la velocidad del refrigerador

- A. aumenta.
- B. disminuye.
- C. es constante.

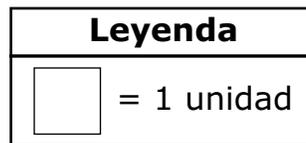
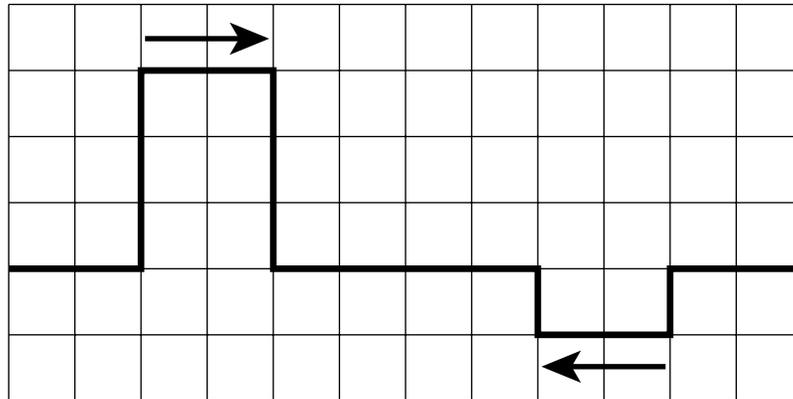
Si la persona aplica una fuerza mayor sobre el refrigerador, la flecha que representa la fuerza aplicada debe ser

- D. más larga que la flecha que representa la fuerza de fricción.
- E. más corta que la flecha que representa la fuerza de fricción.
- F. de la misma longitud que la flecha que representa la fuerza de fricción.

- 24 Un ascensor de 350 kg transporta a una persona de 50 kg a una altura de 4 m sobre el suelo. ¿Cuál es el cambio en la energía potencial del ascensor junto con la persona?
- A. 4,400 J
  - B. 12,000 J
  - C. 16,000 J
  - D. 70,000 J

Esta pregunta tiene dos partes.

- 25 Dos pulsos de onda se acercan el uno al otro a la misma velocidad, como se muestra en el diagrama.



**Parte A**

¿Qué comportamiento de las ondas ocurrirá cuando las ondas se alcancen entre sí?

- A. difracción
- B. interferencia
- C. reflexión
- D. refracción

**Parte B**

¿Cuál será la amplitud resultante cuando las ondas se superpongan completamente?

- A. 0 unidades
- B. 2 unidades
- C. 3 unidades
- D. 4 unidades

**26** Una resistencia de  $60 \Omega$  está conectada a una batería de 1.5 V. Si se ignora la resistencia interna de la batería, ¿qué corriente fluirá a través de la resistencia?

- A. 0.025 A
- B. 0.040 A
- C. 0.084 A
- D. 0.090 A

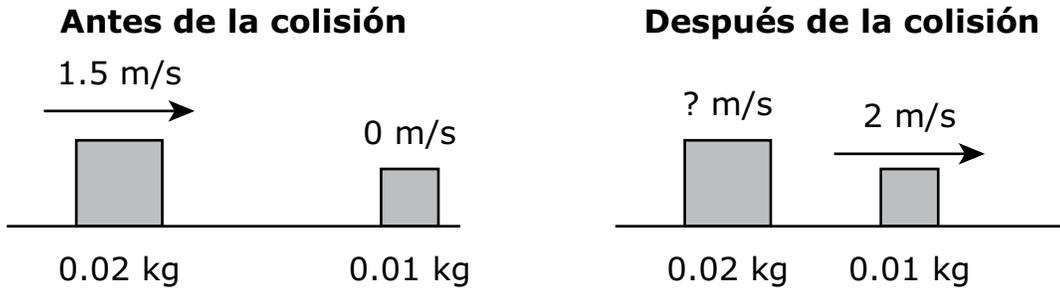
**27** La aceleración de la gravedad es menor en Marte que en la Tierra. Si un objeto de 2 kg permaneciera a 0.75 m sobre la superficie de Marte, tendría 5.7 J de energía potencial gravitatoria.

¿Cuál es la aceleración de la gravedad en Marte?

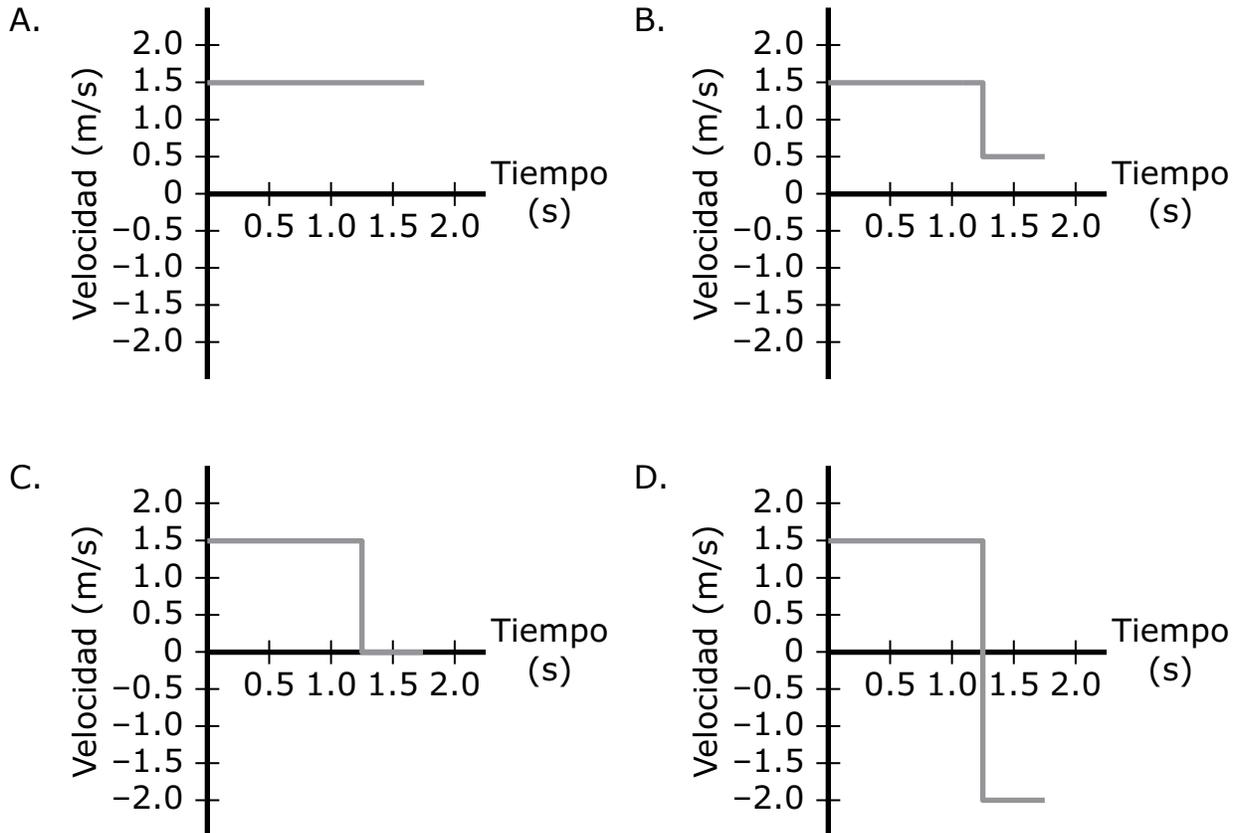
- A.  $0.26 \text{ m/s}^2$
- B.  $1.2 \text{ m/s}^2$
- C.  $3.8 \text{ m/s}^2$
- D.  $8.6 \text{ m/s}^2$

- 28** La ley de gravitación universal de Newton y la ley de Coulomb tienen fórmulas matemáticas similares. ¿Cuál de las siguientes es una diferencia entre las fuerzas descritas por estas dos leyes?
- A. Para la fuerza de la gravedad hacen falta dos objetos, pero para la fuerza por carga eléctrica hace falta solo un objeto.
  - B. La fuerza de la gravedad es solo de atracción, pero la fuerza por la carga eléctrica puede ser de atracción o de repulsión.
  - C. La fuerza de la gravedad varía inversamente al cuadrado de la distancia, pero la fuerza por carga eléctrica no.
  - D. La fuerza de gravedad aumenta a medida que disminuye la distancia, pero la fuerza por carga eléctrica disminuye a medida que disminuye la distancia.

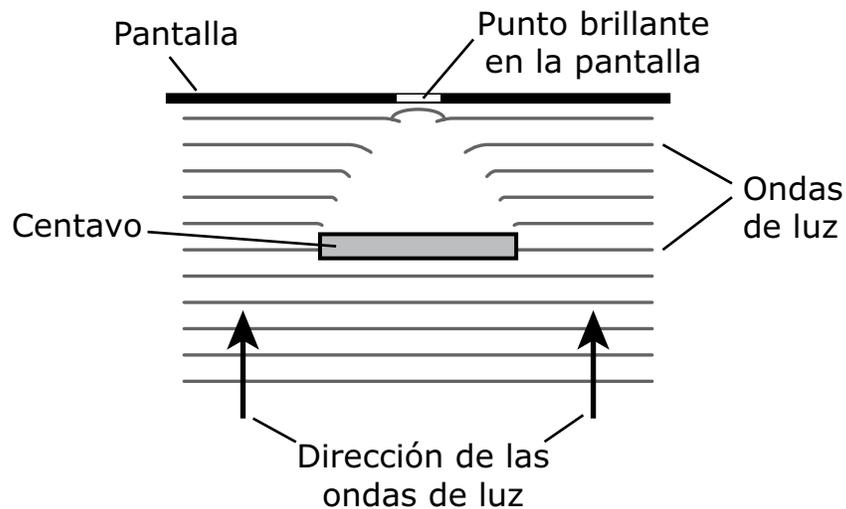
- 29 Se empujó un bloque de 0.02 kg hacia la derecha con una velocidad inicial de 1.5 m/s. A los 1.25 s, el bloque de 0.02 kg colisionó con un bloque de 0.01 kg, lo que provocó que el bloque de 0.01 kg se desplace hacia la derecha a 2 m/s, como se muestra en los diagramas.



¿Cuál de los siguientes gráficos muestra la velocidad del bloque de 0.02 kg antes y después de la colisión?



- 30 Algunos estudiantes organizaron una demostración que incluía una luz brillante sobre un centavo y una pantalla detrás del centavo. Según sus observaciones, los estudiantes hicieron el modelo que se muestra.

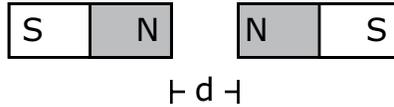


Los estudiantes afirman que el modelo muestra que la luz actúa como una onda.

Escoge las **dos** pruebas que respaldan la afirmación de los estudiantes.

- A. Luz reflejada alrededor del centavo.
- B. Luz difractada alrededor del centavo.
- C. Apareció un punto brillante en la pantalla debido a una interferencia constructiva.
- D. Se liberaron fotoelectrones del centavo porque se estimuló la luz.

- 31 En el diagrama, el polo norte de un imán se muestra enfrenteado al polo norte del otro imán. Los dos imanes están separados por una distancia,  $d$ .



¿Cuál de los siguientes cambios **aumentaría** la energía potencial almacenada en el campo entre los imanes?

- A. aumentar la distancia entre los imanes
- B. disminuir la distancia entre los imanes
- C. girar un imán de modo que su polo sur se enfrente al polo norte del otro imán
- D. girar ambos imanes de modo que el polo sur de un imán se enfrente al polo sur del otro imán

- 32 Un estudiante estudió el momento y la velocidad de dos objetos, X y Y. Luego, recolectó los datos en la tabla.

Objeto	Masa del objeto (kg)	Fuerza neta sobre el objeto (N)	Tiempo de aplicación de la fuerza neta (s)
X	10	15	2
Y	6	8	3

El cambio en el momento del objeto X fue

- A. mayor que el cambio en el momento del objeto Y.
- B. igual a el cambio en el momento del objeto Y.
- C. menor que el cambio en el momento del objeto Y.

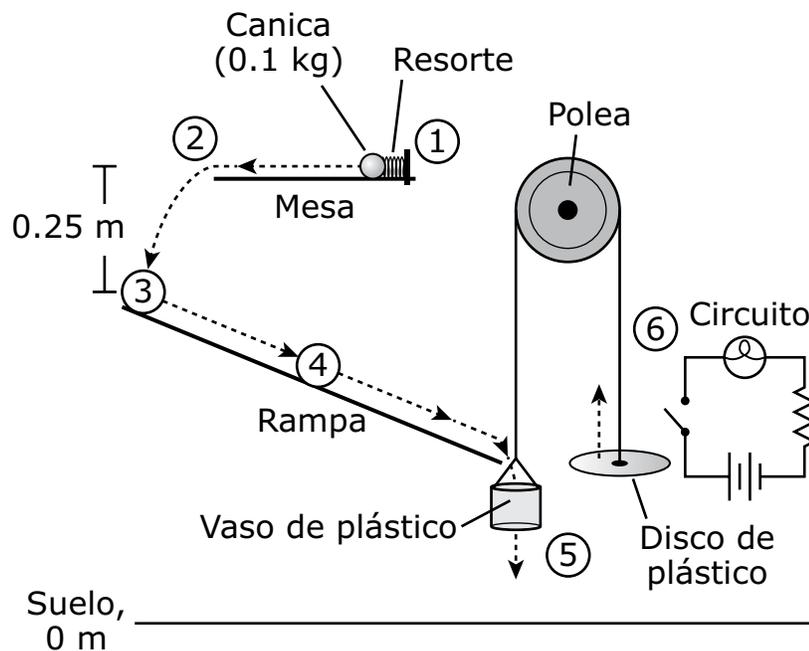
El cambio en la velocidad del objeto X fue

- D. mayor que el cambio en la velocidad del objeto Y.
- E. igual a el cambio en la velocidad del objeto Y.
- F. menor que el cambio en la velocidad del objeto Y.

La siguiente sección se centra en la física de una máquina diseñada para encender una bombilla.

Lee la información que se muestra a continuación y utilízala para responder a las preguntas de opción múltiple y a la pregunta de desarrollo que le siguen.

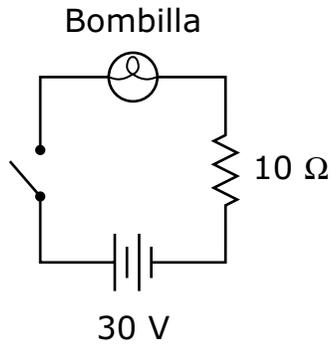
Un estudiante diseñó una máquina compleja para encender una bombilla. Se muestra un diagrama del diseño del estudiante.



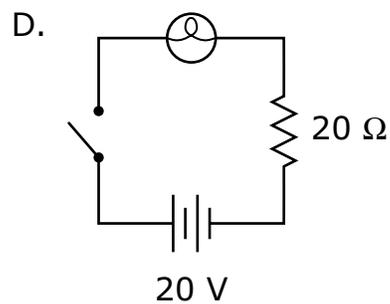
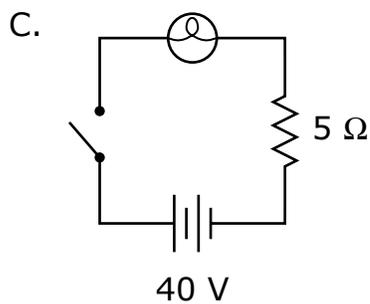
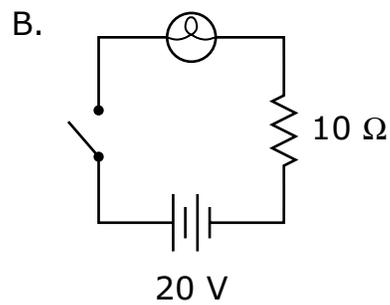
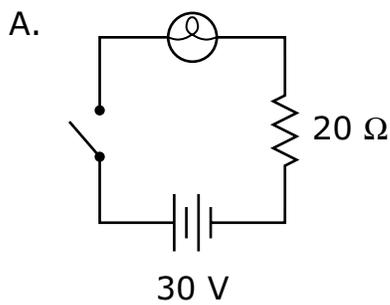
Los números dentro de un círculo en el diagrama hacen referencia a los pasos que se produjeron cuando el estudiante usó la máquina para encender la bombilla. Se produjeron varios tipos de conversión de energía durante los pasos.

- Paso 1: El estudiante liberó un resorte comprimido, que empujó una canica de 0.1 kg hacia la izquierda sobre una mesa.
- Paso 2: La canica se cayó de la mesa.
- Paso 3: La canica aterrizó en una rampa.
- Paso 4: La canica rodó por la rampa y cayó en un vaso de plástico.
- Paso 5: El vaso de plástico se desplazó hacia abajo, lo que provocó que un disco de plástico se desplazara hacia arriba.
- Paso 6: El disco de plástico colisionó con un interruptor en un circuito eléctrico y se cerró el circuito. La bombilla se encendió.

- 33 La máquina del estudiante encendió la bombilla cuando se cerró el circuito, pero el estudiante quería que la bombilla fuera más brillante. Se muestra el circuito original.



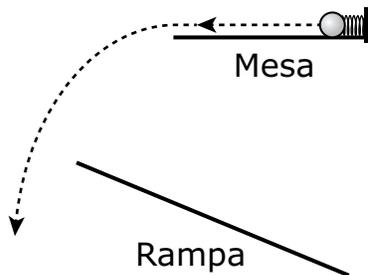
¿Cuál de los siguientes circuitos debe utilizar el estudiante para que la bombilla sea más brillante que en el circuito original?



34 La canica cayó 0.25 m entre los pasos 2 y 3. ¿Cuánto trabajo realizó la gravedad sobre la canica entre los pasos 2 y 3?

- A. 0.025 J
- B. 0.25 J
- C. 2.5 J
- D. 25 J

35 Cuando el estudiante probó la máquina por primera vez, esta no encendió la bombilla. El resorte empujó la canica de la mesa, pero la canica fue demasiado lejos y no llegó a la rampa, como se muestra.



¿Cuál de los siguientes cambios haría que la canica aterrizara en la rampa?

- A. usar una canica más pesada
- B. comprimir el resorte con más fuerza
- C. usar un resorte que pueda almacenar más energía
- D. aumentar la altura de la mesa sobre la rampa

**Esta pregunta tiene dos partes.**

- 36** Se produjo un cambio en el tipo de energía del sistema durante el paso 1.

**Parte A**

Antes de que se liberara el resorte durante el paso 1, la canica estaba en reposo y tenía

- A. energía cinética.
- B. energía potencial elástica.
- C. energía potencial gravitatoria.

¿Cuál de las siguientes describe mejor la energía durante el paso 1 después de que se liberó el resorte?

- D. Parte de la energía potencial gravitatoria almacenada en el resorte se trasladó a la canica, lo que le dio energía potencial elástica a la canica.
- E. Parte de la energía potencial gravitatoria almacenada en el resorte se trasladó a la canica, lo que le dio energía cinética a la canica.
- F. Parte de la energía cinética almacenada en el resorte se trasladó a la canica, lo que le dio energía potencial gravitatoria a la canica.
- G. Parte de la energía potencial elástica almacenada en el resorte se trasladó a la canica, lo que le dio energía cinética a la canica.

**Parte B**

La energía almacenada en el resorte antes de liberarlo era de 2 J. El resorte trasladó 1.8 J de energía a la canica.

¿Cuál fue la eficiencia que tuvo el resorte?

- A. 0.2
- B. 0.9
- C. 1.1
- D. 3.6

**Esta pregunta tiene tres partes. Escribe tu respuesta en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de etiquetar cada parte de tu respuesta.**

- 37** Antes de que la canica rodara dentro del vaso de plástico, el vaso y el disco de plástico estaban en reposo.
- a.** Compara la magnitud de la fuerza neta sobre el vaso con la magnitud de la fuerza neta sobre el disco cuando el vaso y el disco estaban en reposo. Explica tu razonamiento.
  - b.** Compara la masa del vaso con la masa del disco cuando el vaso y el disco estaban en reposo. Explica tu razonamiento.
  - c.** La canica rodó dentro del vaso.  
Describe cómo cambió la dirección de la fuerza neta sobre el vaso cuando la canica rodó dentro del vaso. Explica tu razonamiento.

- 38 La masa, la velocidad y la energía cinética de tres tipos de vehículos se muestran en la tabla.

Tipo de vehículo	Masa (kg)	Velocidad (m/s)	Energía cinética (kJ)
camión	1900	16	243.2
automóvil	1200	24	345.6
furgoneta	1500	21	330.8

- ¿Cuál de las siguientes describe mejor el momento de dos de los vehículos?
- A. El automóvil tiene el menor momento y la furgoneta tiene el mayor momento.
  - B. El automóvil tiene el menor momento y el camión tiene el mayor momento.
  - C. El camión tiene el menor momento y el automóvil tiene el mayor momento.
  - D. La furgoneta tiene el menor momento y el camión tiene el mayor momento.

- 39 ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe una diferencia entre una onda electromagnética y una onda mecánica?

- A. Una onda electromagnética siempre viaja más lento que una onda mecánica.
- B. Una onda electromagnética es una onda longitudinal y una onda mecánica no.
- C. Una onda electromagnética puede viajar en el vacío y una onda mecánica no.
- D. Una onda electromagnética siempre tiene una frecuencia más baja que una onda mecánica.

- 40 Un estudiante está tratando de determinar el calor específico de una muestra de metal. El estudiante calienta la muestra y luego la coloca en un recipiente aislado con 300 g de agua a 20°C. El estudiante sabe que el calor específico del agua es 4.19 J/g • °C.

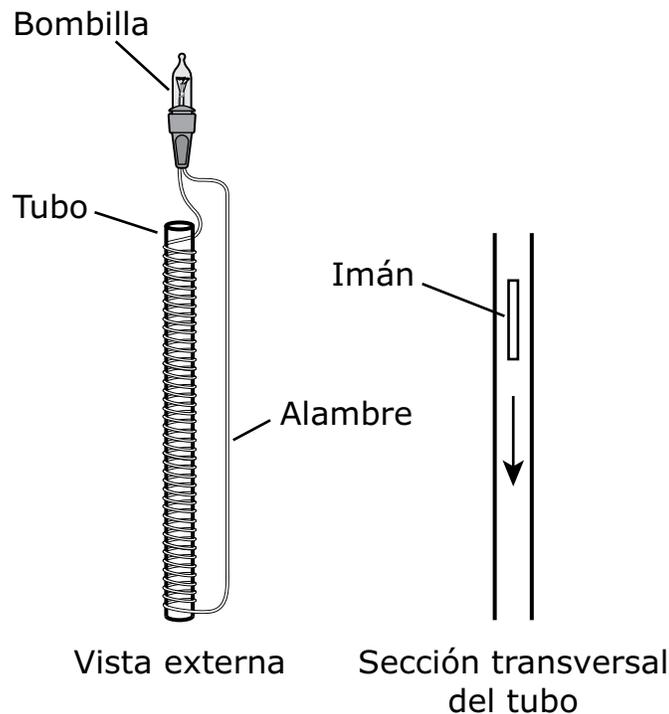
Escoge **tres** medidas adicionales que el estudiante debe realizar para determinar el calor específico de la muestra de metal.

- A. la masa de la muestra
- B. el volumen del agua
- C. el volumen de la muestra
- D. la temperatura inicial de la muestra antes de colocarla en el recipiente aislado
- E. la cantidad de tiempo que tardan la muestra y el agua en alcanzar el equilibrio térmico
- F. la temperatura final del agua después de que la muestra y el agua alcancen el equilibrio térmico



Esta pregunta tiene tres partes. Escribe tu respuesta en tu Folleto de respuestas del estudiante. Asegúrate de etiquetar cada parte de tu respuesta.

- 42 En una investigación, un tubo de plástico hueco se envuelve en alambre de cobre y se conecta una bombilla a ambos extremos del alambre. Luego se deja caer un imán dentro del tubo. El diagrama muestra dos vistas de esta configuración.



Cuando el imán cae por el tubo, la bombilla se enciende.

- a. Explica por qué la bombilla se enciende cuando el imán cae por el tubo.
- b. Describe **dos** cambios en la investigación que aumentarían el brillo de la bombilla.
- c. Describe cómo la relación entre la electricidad y el movimiento en esta investigación es distinta de la relación entre la electricidad y el movimiento en un motor eléctrico.

## Fórmulas

$$S_{\text{promedio}} = \frac{d}{\Delta t}$$

$$p = mv$$

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$V_{\text{promedio}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \lambda f$$

$$a_{\text{promedio}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_{\text{neto}} = ma$$

$$\Delta PE = mg\Delta h$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$v_f = v_i + a\Delta t$$

$$F_g = mg$$

$$W = \Delta E = Fd$$

$$V = IR$$

$$\Delta x = v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$\text{eff} = \frac{E_{\text{saliente}}}{E_{\text{entrante}}}$$

## Variables

a = aceleración

I = corriente

s = rapidez

c = calor específico

KE = energía cinética

$\Delta t$  = cambio en el tiempo

d = distancia

$\lambda$  = longitud de onda

T = período

E = energía

m = masa

$\Delta T$  = cambio en la temperatura

eff = eficiencia

p = momento

v = velocidad

f = frecuencia

$\Delta PE$  = cambio en la energía potencial gravitatoria

V = diferencia de potencial (voltaje)

F = fuerza

W = trabajo

g = aceleración de la gravedad

q = carga de la partícula

$\Delta x$  = cambio de posición (desplazamiento)

Q = calor añadido o eliminado

$\Delta h$  = cambio en altura

R = resistencia

## Símbolos de unidades

amperio, A

hercio, Hz

metro, m

segundo, s

culombio, C

julio, J

newton, N

voltio, V

grado Celsius, °C

kilogramo, kg

ohmio,  $\Omega$

## Definiciones

rapidez de las ondas electromagnéticas en el vacío =  $3 \times 10^8$  m/s

G = Constante de gravitación universal =  $6.7 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

k = Constante de Coulomb =  $9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

$g \approx 10 \text{ m/s}^2$  en la superficie de la Tierra

$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$

$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$

**High School Introductory Physics**  
**Spring 2023 Released Operational Items**

PBT Item No.	Page No.	Reporting Category	Standard	Science Practice Category	Item Type*	Item Description	Correct Answer**
1	3	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.2	B. Mathematics and Data	SR	Determine which object has the greatest momentum.	D
2	4	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.4	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Compare the forces between pairs of charged particles.	C
3	5	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.5	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Explain why a compass needle moves when it is placed near a current-carrying wire.	C
4	6	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.1	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Interpret a model to identify where a car has the most gravitational potential energy and where the car has the most kinetic energy.	A;H
5	7	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.10	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Determine that an object is accelerating upward based on its free-body force diagram.	A
6	8	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.5	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe how a test charge will move when placed next to a charge that is fixed in position, and describe how the distance and forces between the two charges will change.	B;B
7	9	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.9	B. Mathematics and Data	SR	Determine the values of resistors in a series circuit.	A
8	9	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.10	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Interpret a velocity vs. time graph to determine when a vehicle has the greatest acceleration.	C
9	10	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.10	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe the velocity and forces acting on an object based on a position vs. time graph.	A;E
10	11	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.1	B. Mathematics and Data	SR	Determine over which time interval the most work was done on an object.	A
11	12	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.2	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Interpret a temperature vs. thermal energy added graph to determine when a substance changed from a liquid to a gas.	C
12	15	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.1	None	SR	Recognize that both mechanical and electromagnetic waves carry energy.	A
13	15	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.1	None	SR	Recognize that the amount of time it takes a wave to complete one cycle can be found from the frequency of the wave.	B
14	15	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.1	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the wavelength of the light emitted from a laser.	B
15	16–17	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.3	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe how waves diffract as they pass through an opening and then constructively interfere.	A;D;D
16	18	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.1	B. Mathematics and Data	CR	Calculate the velocity of a wave, interpret a model to compare the wavelengths of the wave in different situations, and explain how the velocity of the wave is changed as a result of the wavelength changing.	

PBT Item No.	Page No.	Reporting Category	Standard	Science Practice Category	Item Type*	Item Description	Correct Answer**
17	19	<i>Energy</i>	HS.PHY.1.8	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Interpret models of radioactive decay to determine which models represent alpha decay, beta decay, and gamma decay.	B
18	19	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.10	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the velocity of a rocket after a certain time period when given the initial velocity and constant acceleration.	B
19	20	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.1	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Determine the speed vs. time graph that best matches a given situation.	C
20	21	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.4	B. Mathematics and Data	CR	Identify the attractive force between objects, compare the magnitude of the force between different pairs of objects, and determine how the force would change if the mass of one object were reduced.	
21	22	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.4	B. Mathematics and Data	CR	Determine the direction of heat flow between marbles and water in an investigation, calculate the amount of thermal energy transferred and the specific heat of the marbles, and describe whether changing the number of marbles would affect their specific heat.	
22	24	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.3	A. Investigations and Questioning	SR	Determine two variables that must be kept constant while testing how well a device minimizes the collision force on an object.	A,D
23	25	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.1	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe the velocity of an object based on its free-body force diagram and explain how increasing the applied force should be represented in the object's free-body force diagram.	C;D
24	26	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.2	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the change in gravitational potential energy of a system of two objects.	C
25	27	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.5	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Recognize that two wave pulses interfere when they overlap and determine the amplitude of the resulting wave pulse.	B;B
26	28	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.9	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the current through a resistor.	A
27	28	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.2	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the acceleration of an object due to gravity on Mars.	C
28	29	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.4	None	SR	Identify a difference between the forces described by Newton's law of gravitation and Coulomb's law.	B
29	30	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.2	B. Mathematics and Data	SR	Analyze a collision using momentum conservation and model the velocity of one of the objects before and after the collision.	B

PBT Item No.	Page No.	Reporting Category	Standard	Science Practice Category	Item Type*	Item Description	Correct Answer**
30	31	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.3	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Determine two pieces of evidence from a model that support the claim that light acts like a wave.	B,C
31	32	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.5	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe how to increase the potential energy between two magnets.	B
32	33	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.3	B. Mathematics and Data	SR	Compare the change in momentum and the change in velocity of two objects.	A;F
33	35	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.9	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Interpret circuit diagrams to determine the circuit with the brightest light bulb.	C
34	36	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.1	B. Mathematics and Data	SR	Calculate the amount of work gravity did on an object.	B
35	36	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.3	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Describe how a setup can be changed to reduce how far an object rolls off a table.	A
36	37	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.3	B. Mathematics and Data	SR	Describe how energy changes in a system and determine the efficiency of part of the system.	C,G;B
37	38	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.1	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	CR	Analyze a model of two objects that are at rest and connected by a pulley to compare the net force on and mass of each object, and describe how mass being added to an object would affect the direction of the net force on the object.	
38	39	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.2	B. Mathematics and Data	SR	Compare the momentum of vehicles with different masses and velocities.	A
39	39	<i>Waves</i>	HS.PHY.4.1	None	SR	Describe a difference between an electromagnetic wave and a mechanical wave.	C
40	40	<i>Energy</i>	HS.PHY.3.4	A. Investigations and Questioning	SR	Determine which measurements a student must make to calculate the specific heat of a metal sample.	A,D,F
41	41	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.10	C. Evidence, Reasoning, and Modeling	SR	Determine which free-body force diagram represents the forces on an object and calculate the acceleration of the object.	C;B
42	42	<i>Motion, Forces, and Interactions</i>	HS.PHY.2.5	None	CR	Explain why a light bulb turns on in a given setup, describe two changes to the setup that would increase the brightness of the bulb, and describe how the relationship between electricity and motion in the setup is different than in an electric motor.	

\* Science and Technology/Engineering item types are: selected-response (SR) and constructed-response (CR).

\*\* Answers are provided here for selected-response items only. Sample responses and scoring guidelines for constructed-response items will be posted to the Department's website later this year.