

**15<sup>ta</sup> Olimpiadas Metropolitanas de Física**  
Nivel inicial  
Prueba de opciones múltiples

- Chequee que el nivel de su prueba sea el adecuado.
  - No se pueden usar libros ni apuntes.
  - La prueba dura un total de 3 horas.
  - Cada respuesta correcta suma 1 punto.
  - Cada respuesta incorrecta resta 0.25 puntos.
  - Los problemas de opción múltiple representan un 60 % del puntaje total.
  - Al final de cada problema, puede haber una lista con datos de interés para resolver el mismo.
  - Complete y entregue la grilla de respuestas entregada.
-



## Problema 1. Las olimpiadas de Mario y Sonic

Mario y Sonic participaron en los Juegos Olímpicos 2024 realizados en París, Francia, en agosto de ese año junto a varios de sus amigos. Para prepararse tuvieron que entrenar exhaustivamente realizando actividades de todo tipo: desde carreras de relevos, lanzamiento de jabalinas, partidos de fútbol, salto con pértiga e incluso esgrima.

En todas estas competiciones la física juega un rol clave para comprender como optimizar las estrategias para conseguir la victoria o reconocer mecanismos que puedan afectar el rendimiento de los concursantes. En este problema, intentaremos usar la física para modelar varias competencias para ayudar a Mario, Sonic y a sus amigos a entender cómo conseguir la medalla dorada.

### Pregunta 1

En la edición de este año Bowser participará en la competencia de levantamiento de pesas, que consiste en levantar el mayor peso posible en una barra con discos.

Siendo la aceleración de la gravedad de la tierra unos  $10 \text{ m/s}^2$ , si Bowser sostiene una barra de 20 kilogramos sumado a dos discos de 100 kilogramos cada uno, ¿cuánta fuerza debe hacer para sostener ese peso?

- a. 2200 N
- b. 1360 N
- c. 1986 N
- d. 2150 N
- e. 978 N

### Pregunta 2

Las carreras de 1000 metros son poco comunes en competiciones de atletismo, pero son una de las carreras más importantes de estos Juegos Olímpicos dadas las habilidades supernaturales de nuestros concursantes. La carrera se realiza en un tramo recto y todos los concursantes comienzan la carrera en reposo desde la misma posición.

¿Con qué aceleración constante debe correr Sonic si quiere igualar el record mundial de Usain Bolt y completar la carrera en 9.58 segundos?

- a.  $21.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- b.  $6.52 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c.  $0.02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

d.  $10.9 \frac{\text{km}}{\text{s}^2}$

e.  $10.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

### Pregunta 3

Mario realiza un salto con pértiga, como se observa en la Figura ???. Esta competición tiene como objetivo superar una barra transversal de gran altura con ayuda de una barra con cierta elasticidad (la pértiga).

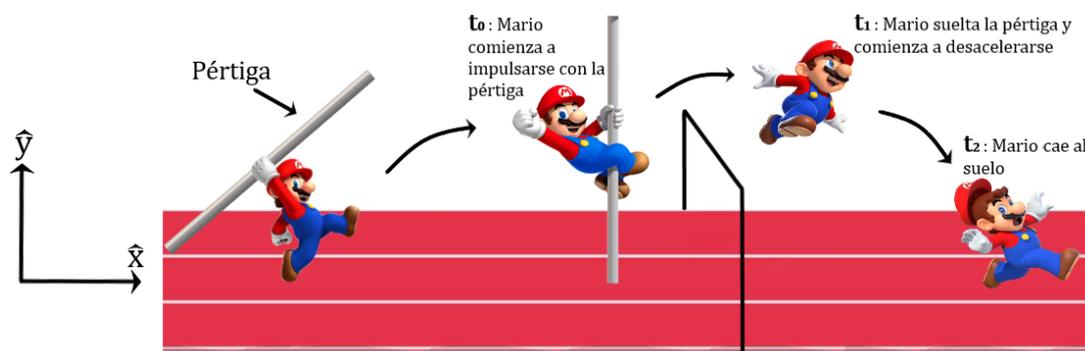
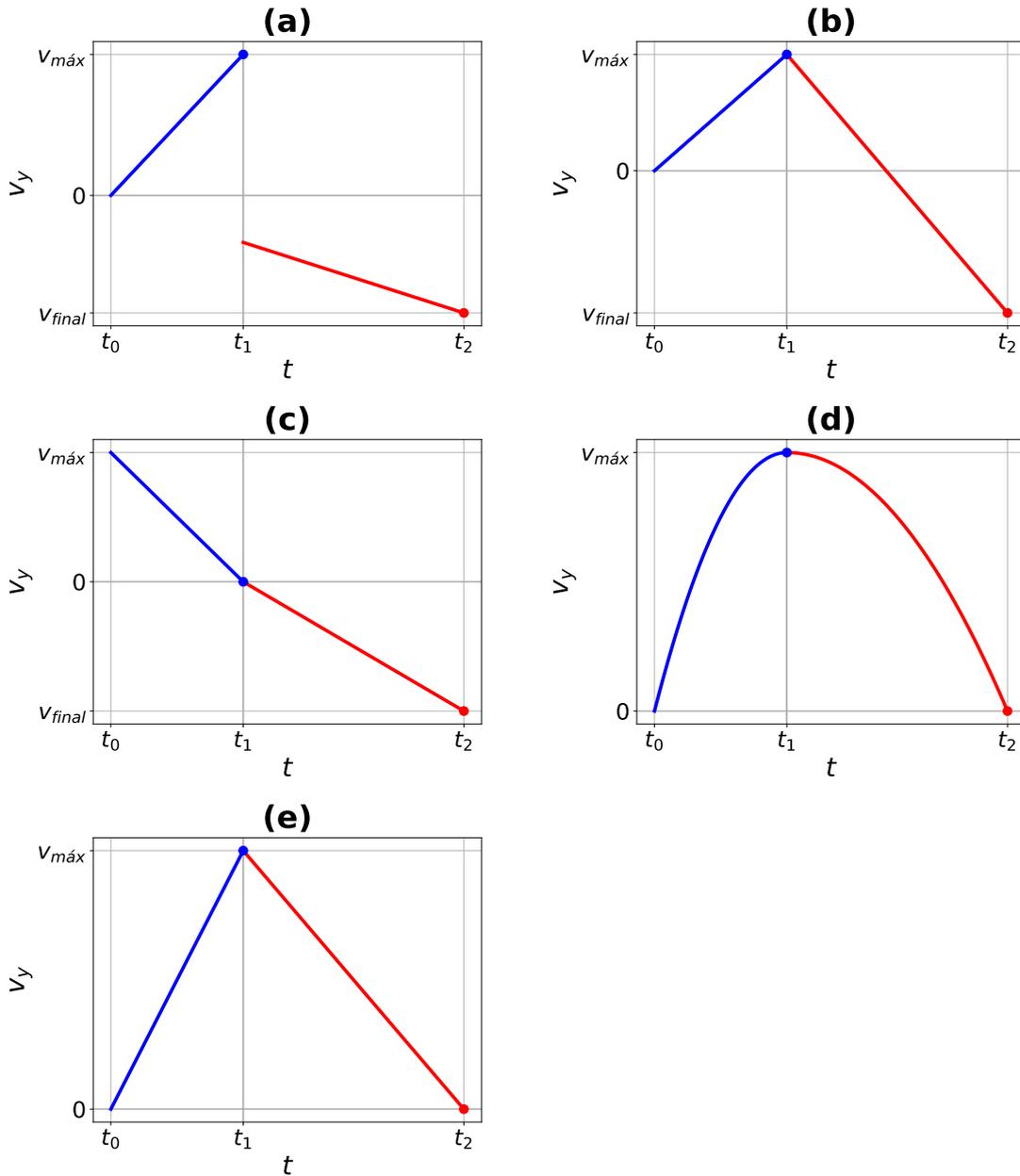


Figura 1: Termo de nitrógeno líquido deslizándose por un plano inclinado.

Mario corre hasta propulsarse con la pértiga, lo que ocurre transcurrido un tiempo  $t_0$  desde que empieza a correr. Esto aumenta su velocidad en la dirección  $\hat{y}$  con una aceleración constante hasta un tiempo  $t_1$ , donde el fontanero suelta la pértiga. Al soltarla Mario comienza a desacelerarse por acción de la gravedad hasta caer al suelo, en un tiempo  $t_2$ , un instante previo al impacto.

¿Cuál de los siguientes gráficos describe mejor la velocidad de Mario en el eje  $\hat{y}$ , denominada  $V_y$ , en función del tiempo  $t$  desde el instante en que se impulsa con la pértiga?



#### Pregunta 4

Mario y Sonic son compa $\tilde{n}$ eros en una carrera de relevos, como se observa en la Figura 2. Esta es una carrera en equipos en la cual un corredor de cada equipo lleva un tubo, llamado testigo, que debe pasar a su compa $\tilde{n}$ ero para que continúe la carrera por él. Esto se repite hasta que el testigo llega al último corredor del equipo.



Figura 2: Esquema del traspaso del testigo entre Mario y Sonic en la carrera de relevos.

Durante la carrera Mario se mueve con una velocidad constante de 10 metros por segundo mientras que Sonic se mueve con aceleración constante y comienza a correr una vez que Mario se encuentra a 12 metros de distancia. Dependiendo de la aceleración de Sonic, podría pasar que Mario inicialmente supere a Sonic y luego Sonic gane una suficiente velocidad como para superar a Mario. Como queremos que Mario se encuentre una sola vez con Sonic, para que suceda el traspaso del testigo.

¿Qué aceleración debe tener Sonic para que se encuentre con Mario solo **una vez**?

- a.  $5.00 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- b.  $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c.  $8.30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- d.  $0.42 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- e.  $4.16 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

**Ayuda:** vale la pena recordar la fórmula resolvente para encontrar raíces en ecuaciones del estilo:  $ax^2 + bx + c = 0$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

## Pregunta 5

Uno de los entrenamientos que realizó Sonic para prepararse para las olimpiadas consistió en lo siguiente: se tiene una pava eléctrica gigante (o un Sonic muy chiquito) llena con 1 kg de agua a 20 °C. La pava está conectada a una cinta corredora que actúa como fuente de corriente, como se ve en la Figura 3.



Figura 3: Esquema del entrenamiento de Sonic para calentar agua corriendo.

Cada 1 kilómetro que corre Sonic, el agua absorbe  $Q = 30 \text{ J}$ , la cual tiene un calor específico de  $4.184 \text{ J}/(g \text{ } ^\circ\text{K})$ . Podemos asumir que el agua no cambia de fase durante todo el proceso de calentamiento, es decir se mantiene siempre líquida.

Todo el movimiento transcurre en la cinta y Sonic parte del reposo. Si nuestro querido erizo acelera a un ritmo de  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ : ¿Cuánto tiempo debe correr para llevar el agua a  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ ?

- a. 1.49 s
- b. 10.6 s
- c. 39.1 s
- d. 47.2 s
- e. 60.1 s

## Problema 2. Física en la cancha: cómo la ciencia salvó a Sacachispas del descenso

Sacachispas Fútbol Club es un equipo de fútbol argentino que juega en la Primera B Metropolitana. Después de un par de campañas para el olvido, con alta probabilidad de (¡otro!) descenso, el cuerpo técnico contrató a un grupo de aficionados de la física (y del club), para que analicen las jugadas y ayuden a mejorar su rendimiento. Este equipo los fue siguiendo a lo largo del torneo, registrando situaciones clave.

### Pregunta 6

*Lo primero en lo que se hizo énfasis fue en los saques desde el arco. Quedaban flojos, a mitad de camino, sin dirección fija ni potencia.*

El equipo de aficionados nota, durante un partido en las primeras fechas, que el arquero patea una pelota en línea recta a una velocidad de  $20\text{ m/s}$  hacia el este. Al mismo tiempo, hay viento soplando hacia el oeste (es decir, **en dirección contraria**) con una velocidad de  $10\text{ m/s}$ . Se sabe que la fuerza de rozamiento con el aire, conocida como fuerza de arrastre, se calcula como

$$F = \frac{1}{2} C \rho A v_{rel}^2,$$

donde  $C$  es el coeficiente de arrastre,  $\rho$  es la densidad del aire,  $A$  es el área frontal de la pelota y  $v_{rel}$  es la velocidad de la pelota relativa al aire ( $v_{pelota} - v_{viento}$ ).

En la cancha de Sacachispas, se sabe que existe un arrastre de  $C = 0,4$  y que la densidad del aire vale  $\rho = 1,225\text{ kg/m}^3$ . Además, el área frontal de la pelota oficial del torneo resulta  $A = 0,038\text{ m}^2$  y su masa,  $m_p = 0,43\text{ kg}$ . ¿Cuál es la aceleración de frenado que experimenta debido al aire?

- a.  $2,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- b.  $8,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- c.  $18,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- d.  $19,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- e.  $26,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

### Pregunta 7

*Durante el análisis del rendimiento biométrico, el equipo científico detectó que la velocidad promedio de los jugadores de Sacachispas era menor que la de los otros equipos de la liga. Al investigar las causas, descubrieron un dato curioso: tras los entrenamientos matutinos, los futbolistas solían almorzar en una parrilla cercana al predio, consumiendo*

*comidas pesadas antes de los entrenamientos vespertinos. Para revertir esta situación, se implementó un cambio radical: reemplazar el asado por un plato de pasta, rico en carbohidratos y con energía de rápida disponibilidad.*

Un jugador de  $m = 80$  kg consume un plato de pasta que aporta 5 kCal de energía, de la cual el 20 % de ésta se convierte en energía cinética útil. ¿Cuánto aumenta su velocidad promedio en un su entrenamiento si inicialmente corría a  $10$  m/s?

- a.  $1,3 \frac{m}{s}$
- b.  $2,3 \frac{m}{s}$
- c.  $3,3 \frac{m}{s}$
- d.  $4,3 \frac{m}{s}$
- e.  $5,3 \frac{m}{s}$

**Ayuda:** recuerde que  $1kCal = 4184J$ .

## Pregunta 8

*Un gol olímpico (también llamado “gol imposible”) ocurre cuando un jugador logra que la pelota entre directamente al arco desde un tiro de esquina, realizando una curva inesperada. Este fenómeno se explica por el **efecto Magnus**: cuando la pelota gira, arrastra el aire a su alrededor y se genera una diferencia de presión entre sus lados. El resultado es una fuerza lateral, perpendicular al movimiento, que desvía la trayectoria.*

*Este efecto no solo aparece en jugadas espectaculares: también se nota en los pases y tiros comunes, donde la dirección en la que viaja la pelota siempre se curva ligeramente. Sin embargo, cuando los equipos juegan en la altura, los futbolistas sienten que “la pelota no dobla” como ellos esperaban. Esto se debe a que la **fuerza de Magnus depende directamente de la densidad del aire  $\rho$** , la cual disminuye con la altitud.*

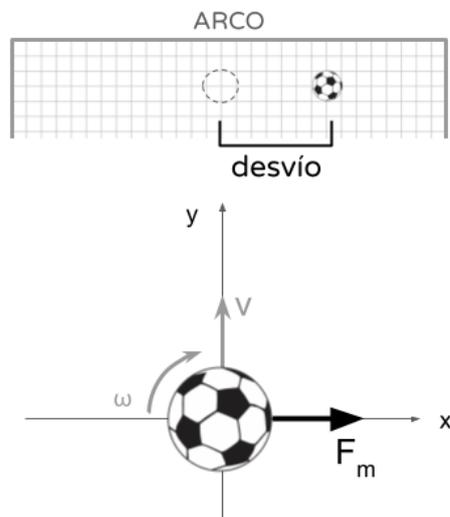


Figura 4: una pelota que se desplaza hacia una dirección con una velocidad lineal  $v$  y velocidad angular  $\omega$  experimenta la fuerza de Magnus, perpendicular a la dirección de su movimiento.

El Sacachispas Fútbol Club se prepara para una serie de partidos clave a mitad del torneo. Primero juega en su cancha en Villa Fiorito, a nivel del mar, donde la densidad del aire es  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ . Luego, viaja a jugar de visitante contra Gimnasia y Esgrima de Jujuy, estadio donde la densidad se reduce a  $\rho = 0,90 \text{ kg/m}^3$ , y en el cual nunca pudo siquiera raspar un punto.

La fuerza de Magnus que desvía la pelota se calcula mediante

$$F_m = \frac{1}{2} \rho A k R \omega v,$$

con  $v = 25 \text{ m/s}$  (velocidad lineal de la pelota),  $\omega = 50 \text{ rad/s}$  (velocidad angular de giro),  $R = 0,11 \text{ m}$  (radio de la pelota),  $A = 0,038 \text{ m}^2$  (área frontal) y  $k = 0,25$  (coeficiente de sustentación). Si la pelota tarda 1 segundo en llegar al arco, ¿cuál es la distancia de desviación  $d$  en Fiorito y cuánto en Jujuy?

- En Fiorito,  $d = 1,36 \text{ m}$  y en Jujuy,  $d = 1,86 \text{ m}$
- En Fiorito,  $d = 1,86 \text{ m}$  y en Jujuy,  $d = 1,36 \text{ m}$
- En Fiorito,  $d = 0,93 \text{ m}$  y en Jujuy,  $d = 0,68 \text{ m}$
- En Fiorito,  $d = 0,56 \text{ m}$  y en Jujuy,  $d = 0,23 \text{ m}$
- En Fiorito,  $d = 1,20 \text{ m}$  y en Jujuy,  $d = 0,7 \text{ m}$

## Pregunta 9

Con estas mejoras, el equipo llegó raspando la zona de descenso en las últimas dos fechas, aferrándose a cada punto como si fuera oro. La tensión en la tribuna se palpaba en cada respiro, y cualquier jugada podía definir la temporada. En la penúltima fecha, Sacachispas FC se enfrenta al Club Atlético San Miguel. Con el marcador 1-1 y el estadio en vilo, luego de otro pase largo de Sacachispas que no encuentra destino, el arquero de San Miguel sale a despejarla violentamente.

El balón, que viaja horizontalmente con  $v_p = 4\frac{m}{s}$ , se encuentra con la cabeza del delantero central que se mueve con velocidad  $v_j$  en sentido contrario, conectando de lleno y convirtiendo un golazo como se muestra en la Figura 5. Si se modela el impacto entre la cabeza y la pelota como un choque elástico unidimensional, ¿cuál de las siguientes opciones corresponde al vector velocidad con la que la pelota ingresa al arco si el delantero corría con una velocidad  $v_j = 10\frac{m}{s}$ ?

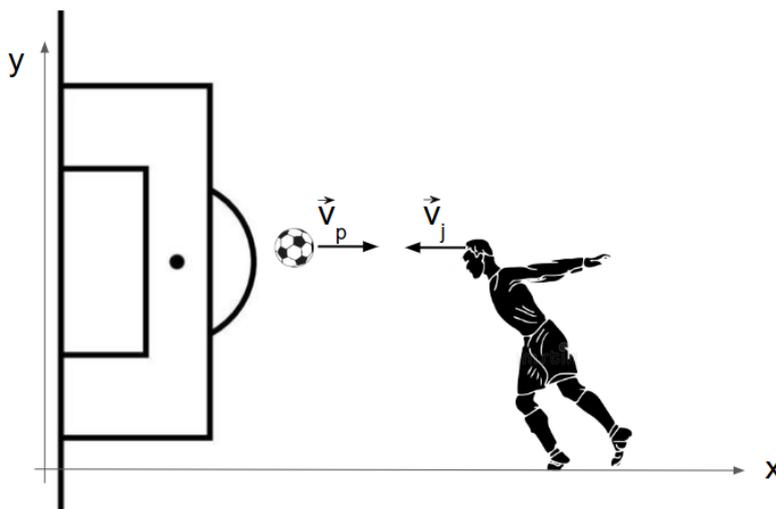


Figura 5: choque elástico entre la pelota y la cabeza del jugador.

- a.  $0\frac{m}{s}\hat{x}$
- b.  $10\frac{m}{s}\hat{x}$
- c.  $-10\frac{m}{s}\hat{x}$
- d.  $-20\frac{m}{s}\hat{x}$
- e.  $-24\frac{m}{s}\hat{x}$

### Ayudas:

- Ecuaciones para las velocidades finales de dos cuerpos que interactúan en un choque inelástico

$$v_j = \frac{(m_j - m_p)v_j + 2m_p v_p}{m_j + m_p} \quad v_p = \frac{(m_p - m_j)v_p + 2m_j v_j}{m_j + m_p}$$

- La masa de la pelota es mucho menor que la de la jugador, ( $m_p \ll m_j$ ), de modo que puede considerarla como nula a efectos prácticos del choque.

## Pregunta 10

Última fecha del torneo, se acerca la definición. Si Sacachispas gana, se salva del descenso. Si no, todo el esfuerzo habrá sido en vano.

En la última jugada, la pelota le termina quedando al delantero estrella del club, parado solo, frente al arco y su arquero, esperándolo. Con la pelota bajo su control, decide “picarla”, es decir, patearla con una velocidad de  $10 \frac{m}{s}$  y un ángulo de  $50^\circ$  respecto de la horizontal, como para que pase por encima del arquero. Éste, de 1,9 metros de altura, está adelantado y se encuentra a 5 metros del joven delantero, esperándolo. Con los brazos estirados, puede alcanzar hasta 2,5 metros de altura. Esta secuencia se muestra en la Figura 6.

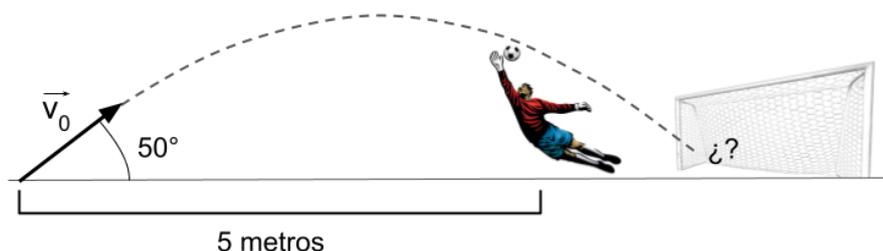


Figura 6: Tiro al arco del delantero y la posición del arquero con respecto a éste.

Seleccionar la respuesta correcta con respecto al resultado de la jugada:

- El arquero logra atajar la pelota mientras ésta se elevaba.
- El arquero logra atajar la pelota mientras ésta descendía.
- El arquero no logra atajar la pelota: pasa por encima suyo en su punto más alto.
- El arquero no logra atajar la pelota: pasa por encima suyo mientras ésta se elevaba.
- El arquero no logra atajar la pelota: pasa por encima suyo mientras ésta descendía