

Topic 2: Mechanics

Formative Assessment

PROBLEM SET

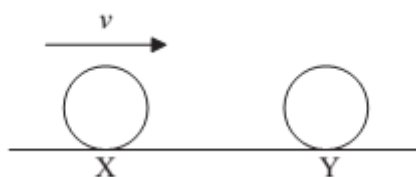
NAME: _____ TEAM: _____

THIS IS A PRACTICE ASSESSMENT. Show formulas, substitutions, answers, and units!

- Aplicar la conservación de la cantidad de movimiento en sistemas aislados simples, como por ejemplo colisiones, explosiones o chorros de agua
- Utilizar la segunda ley de Newton cuantitativa y cualitativamente en casos en los que la masa no es constante
- Dibujar aproximadamente e interpretar gráficos de fuerza-tiempo
- Determinar el impulso en diversos contextos, incluidos, entre otros, la seguridad del automóvil y los deportes
- Comparar cualitativa y cuantitativamente situaciones que involucran colisiones elásticas, colisiones inelásticas y explosiones

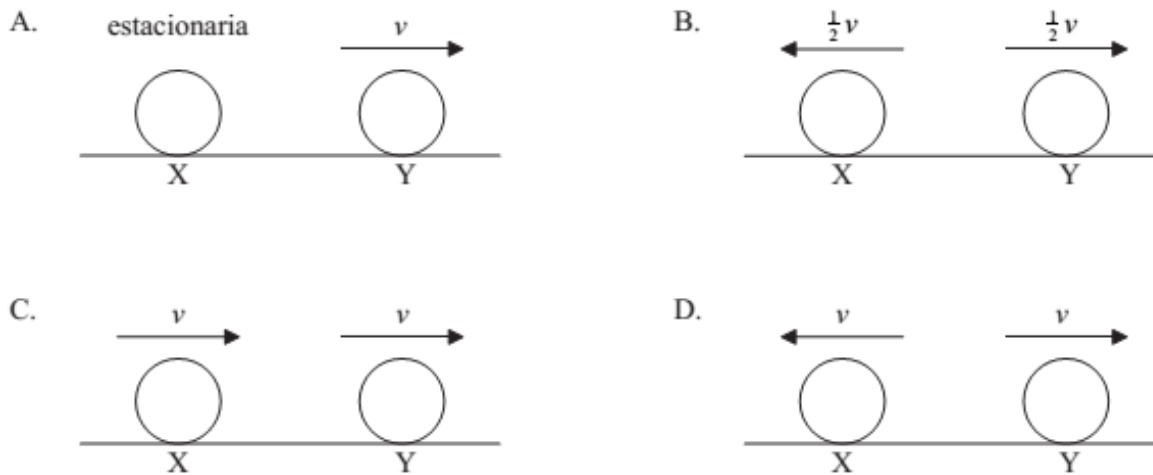
Topic 2.4 – Momentum and Impulse -Paper 1.

- En la colisión entre dos cuerpos, la tercera ley de Newton
 - Se cumple solo si se conserva el momento en la colisión.
 - Se cumple solo si se conserva la energía en la colisión.
 - Se cumple solo si se conservan tanto el momento como la energía en la colisión.
 - Siempre se cumple.**
- Una pelota X moviéndose en horizontal colisiona con otra pelota idéntica Y, que está en reposo.

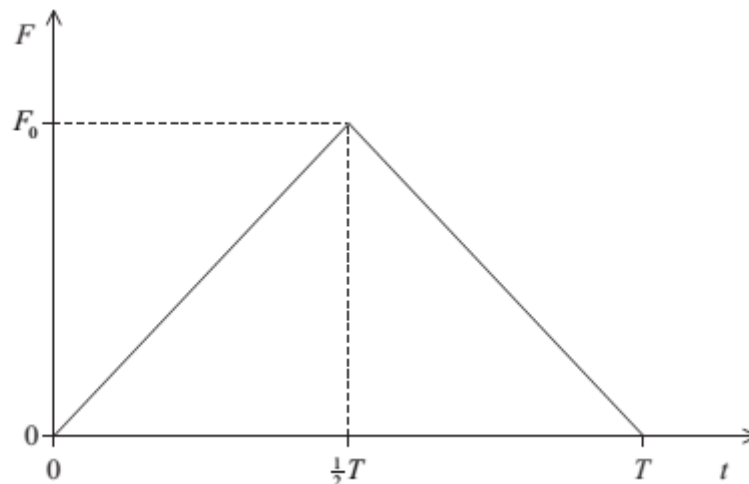


X golpea a Y con rapidez v .

¿Cuál será un posible resultado de la colisión? Rpta A



3. Una pelota se mueve en horizontal y golpea una pared vertical desde la cual rebota en horizontal. La gráfica esquemática muestra cómo varía la fuerza de contacto F entre pelota y pared frente al tiempo de contacto t .



El valor máximo de F es F_0 y el tiempo total de contacto entre pelota y pared es T .
¿Cuál es la variación en el momento de la pelota?

- A. $\frac{F_0 T}{2}$ B. $F_0 T$ C. $\frac{F_0}{2T}$ D. $\frac{F_0}{T}$

4. Durante una colisión inelástica no actúa ninguna fuerza externa sobre un cierto sistema. Para este sistema, ¿qué es correcto sobre la conservación de la energía cinética y la conservación del momento lineal?

	Energía cinética	Momento lineal
A.	debe conservarse	puede conservarse
B.	debe conservarse	debe conservarse
C.	no se conserva	puede conservarse
D.	no se conserva	debe conservarse

5. Un objeto de masa m_1 tiene energía cinética E_1 . Otro objeto tiene masa m_2 y energía cinética E_2 . Los objetos tienen igual momento. ¿Cuál será el cociente $\frac{E_1}{E_2}$?

- A. 1 B. $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ C. $\frac{m_2}{m_1}$ D. $\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2$

6. La fuerza neta sobre un cuerpo es F. El impulso de F es igual a

- A. el cambio en el momento lineal del cuerpo.
B. La tasa de cambio del momento lineal del cuerpo.
C. El cambio en la energía cinética del cuerpo.
D. El cambio en la energía total del cuerpo.

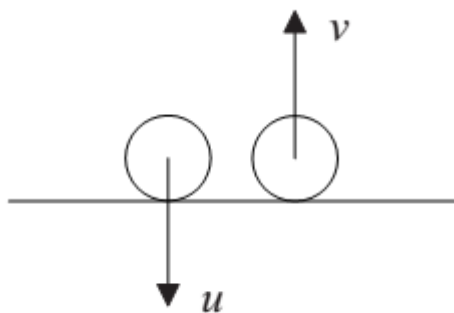
7. En una colisión inelástica

- A. Se conservan el momento lineal y la energía cinética.
B. Se conserva el momento lineal, pero no la energía cinética.
C. Se conserva la energía cinética, pero no el momento lineal.
D. No se conservan ni el momento lineal ni la energía cinética.

8. Se aplica una fuerza a un objeto. Dicha fuerza crece uniformemente desde 0 hasta un valor máximo de F. El objeto no se mueve hasta que la fuerza es mayor que 0,5F. A medida que la fuerza aumenta desde 0,5F hasta F, el objeto se mueve una distancia x en la dirección y sentido de la fuerza. ¿Cuál es el trabajo hecho por esta fuerza?

- A. $0,25F_x$ B. $0,5F_x$ C. $0,75F_x$ D. F_x

9. Una pelota cae verticalmente y rebota en el suelo. Inmediatamente antes del impacto contra el suelo la rapidez de la pelota es u. Inmediatamente después de abandonar el suelo su rapidez es v.



¿Cuál de las siguientes expresiones indica el cociente $\frac{\text{energía perdida en el choque}}{\text{energía inmediatamente antes del choque}}$?

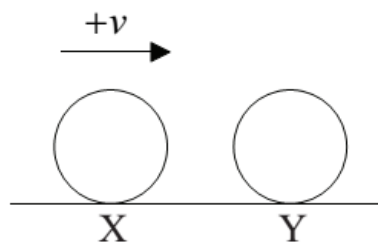
- A. $\frac{v}{u}$ B. $1 - \frac{v}{u}$ C. $\left(\frac{v}{u}\right)^2$ D. $1 - \left(\frac{v}{u}\right)^2$

10. Un átomo de un gas choca contra una pared con rapidez v y formando un ángulo θ con la normal a la pared. El átomo rebota con la misma rapidez v y el mismo ángulo θ

¿Cuál de las siguientes opciones indica el módulo del cambio en el momento lineal del átomo de gas?

- A. cero B. $2mv \sin \theta$ C. $2mv$ D. $2mv \cos \theta$

11. Una bola X desliza sobre una superficie horizontal. La bola choca contra una bola idéntica Y que se encuentra en reposo.

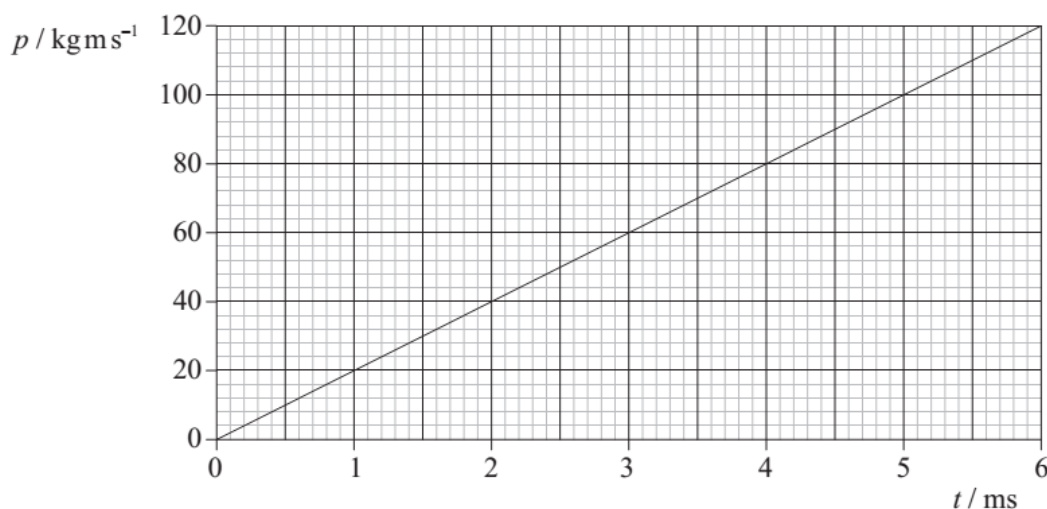


La velocidad de la bola X justamente antes del choque es $v +$.

¿Cuál de las siguientes nos indica las posibles velocidades de X y de E inmediatamente después del choque?

	Velocidad de X	Velocidad de Y
A.	0	+v
B.	-v	+v
C.	$v/2-$	$+v/2$
D.	-v	0

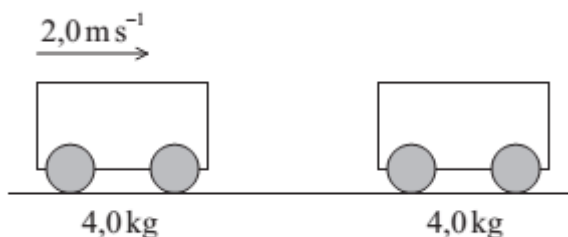
13. El gráfico muestra la variación con el tiempo, t , del módulo del momento lineal p de un cuerpo.



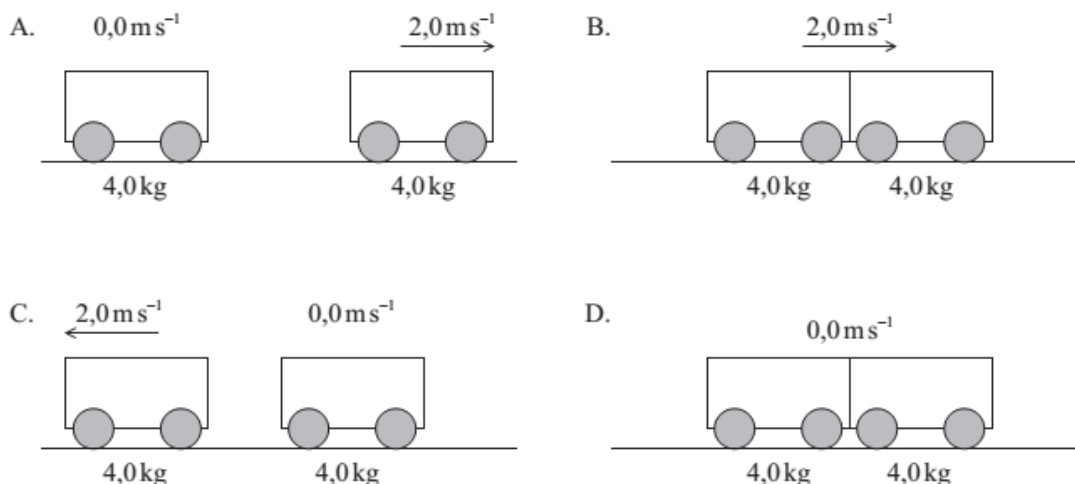
¿Cuál de los siguientes es un correcto acerca del módulo de la fuerza que actúa sobre el cuerpo?

- A. Está cambiando a un ritmo constante de $2,0 \times 10^4 \text{ N s}^{-1}$.
- B. Está cambiando a un ritmo constante de $0,36 \text{ N s}^{-1}$.
- C. Es constante e igual a $2,0 \times 10^4 \text{ N}$.
- D. Es constante e igual a $0,36 \text{ N}$.

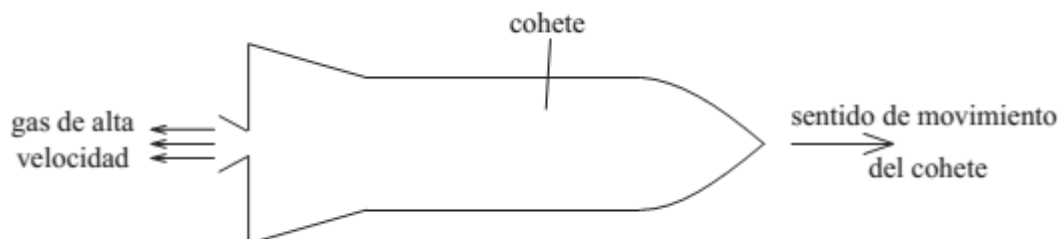
14. El diagrama siguiente muestra un carrito de masa $4,0 \text{ kg}$ moviéndose sobre una mesa horizontal sin rozamiento, con una rapidez de $2,0 \text{ m s}^{-1}$. el carrito choca contra otro inmóvil, de masa $4,0 \text{ kg}$.



¿Cuál de los siguientes diagramas muestra un posible resultado del choque? Rpt. A



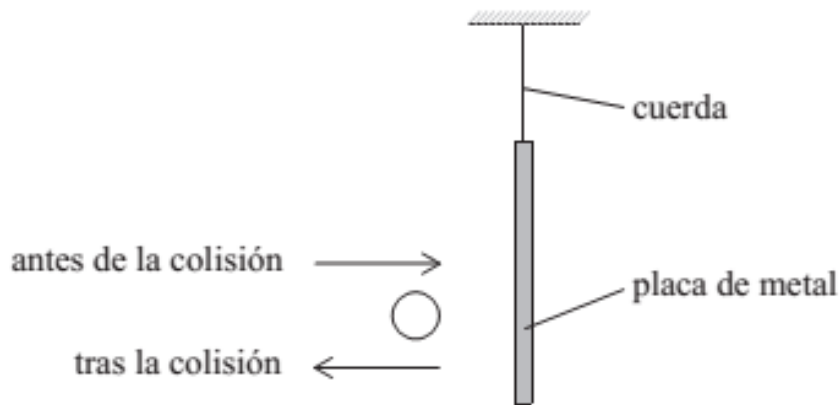
15. El motor de un cohete expulsa gas a alta velocidad, tal como se muestra a continuación.



El cohete acelera hacia adelante porque

- A. El momento lineal del gas es igual pero de sentido opuesto al momento lineal del cohete.
- B. El gas empuja el aire en la parte posterior del cohete.
- C. El cambio en momento lineal del gas da lugar a una fuerza sobre el cohete.**
- D. El gas expulsado crea una región de alta presión detrás del cohete.

16. Una placa de metal estacionaria cuelga libremente de una cuerda. Una bola de acero, desplazándose en dirección horizontal, golpea la placa. La velocidad de la pelota tras la colisión disminuye, pero se mantiene en la dirección horizontal, como se muestra a continuación



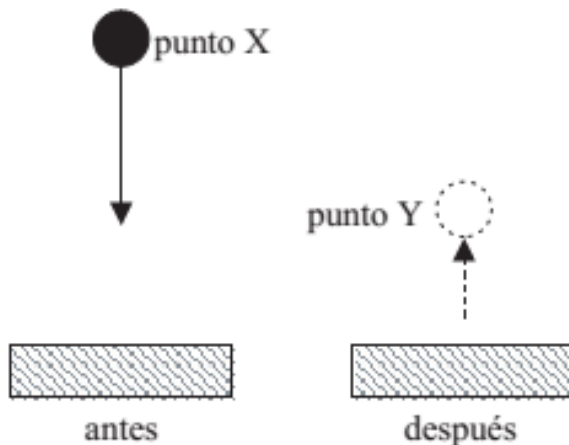
¿Cuál de las siguientes opciones proporciona un enunciado correcto, y una razón válida, del tipo de colisión entre la bola y la placa? Rpt. D

	Tipo de colisión	Razón
A.	inelástica	La esfera ha alterado su momento lineal durante la colisión.
B.	inelástica	La esfera ha perdido energía cinética durante la colisión.
C.	desconocida	La variación en el momento lineal de la placa durante la colisión es desconocida.
D.	desconocida	La energía cinética de la placa tras la colisión es desconocida.

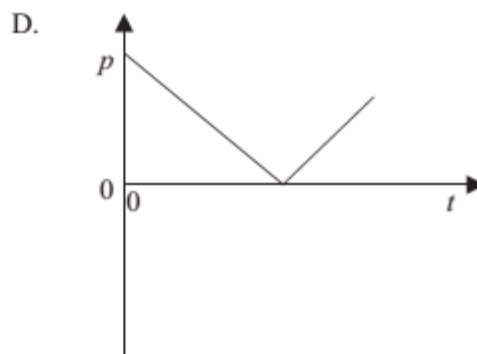
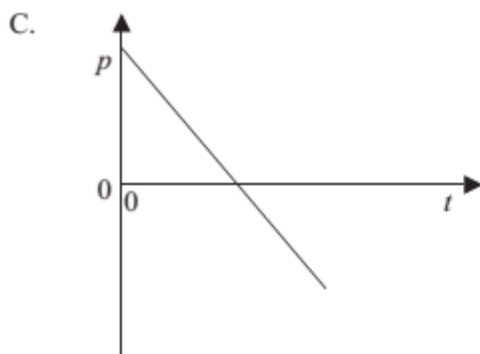
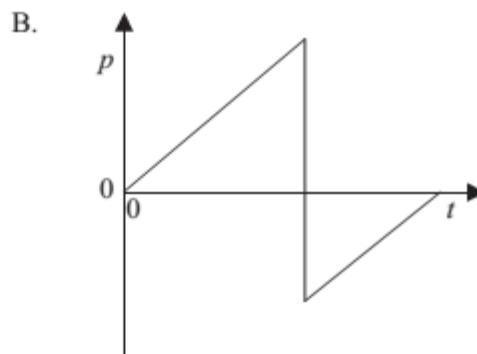
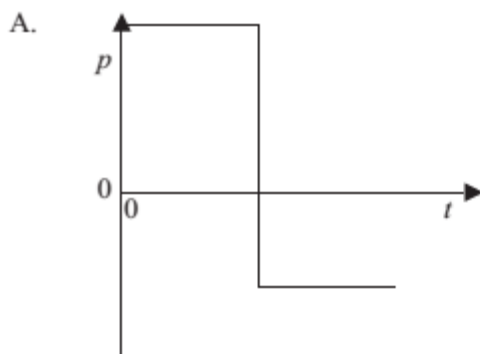
17. La velocidad de un cuerpo de masa m cambia en una cantidad Δv durante un tiempo Δt . El impulso dado al cuerpo es igual a. Rpt. D

- A. $m\Delta t$.
- B. $\frac{\Delta v}{\Delta t}$.
- C. $m\frac{\Delta v}{\Delta t}$.
- D. $m\Delta v$.

18. Una pelota se mantiene en reposo en el punto X y, a continuación, se suelta. La pelota cae sobre una superficie horizontal plana y rebota hasta alcanzar su altura máxima en el punto Y.



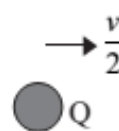
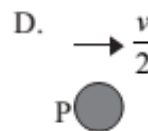
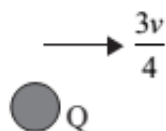
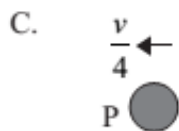
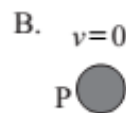
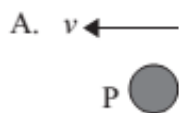
¿Cuál de las siguientes gráficas muestra mejor la variación con el tiempo t del momento lineal p de la pelota, en su movimiento desde el punto X hasta el Y? Rpt. B



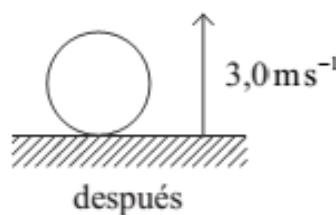
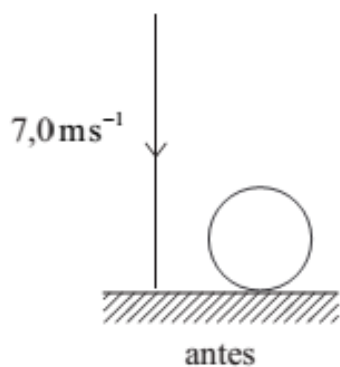
19. Una pequeña bola P se mueve con rapidez v hacia otra bola idéntica Q según la línea que une los centros de las dos bolas. La bola Q se encuentra en reposo. La energía cinética se conserva en el choque.



¿Cuál de las siguientes situaciones es un posible resultado del choque entre las dos bolas? Rpt. B



20. Una pelota de masa $2,0 \text{ kg}$ cae verticalmente e impacta sobre el suelo con una rapidez de $7,0 \text{ ms}^{-1}$ como se muestra a continuación.



La rapidez de la pelota al perder contacto con el suelo moviéndose verticalmente, es de $3,0 \text{ ms}^{-1}$. El módulo del cambio en el momento lineal de la pelota es:

A. cero.

B. $8,0 \text{ N}$

C. 10 N s .

D. **20 N s .**

21. ¿Cuál de las siguientes cantidades se conservan en un choque inelástico, para el caso de un sistema aislado formado por dos objetos? Rpt. B

	Momento lineal del sistema	Energía cinética del sistema
A.	Sí	Sí
B.	Sí	No
C.	No	Sí
D.	No	No

22. Una astronauta en el espacio exterior sujeta un martillo y se desplaza a velocidad constante. La astronauta lanza el martillo en sentido opuesto al de su movimiento. ¿Qué cambio, en caso de haberlo, tiene lugar en la energía cinética total y en el momento lineal total de la astronauta y el martillo? Rpt. D

	Energía cinética total	Momento lineal total
A.	no hay cambio	aumenta
B.	no hay cambio	no hay cambio
C.	aumenta	aumenta
D.	aumenta	no hay cambio

23. A una bola de masa m se le aplica una fuerza constante. La velocidad de la bola pasa de V_1 a V_2 impulso recibido por la bola será

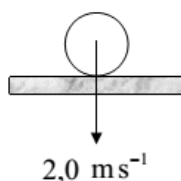
- A. $m(v_2 + v_1)$.
- B. $m(v_2 - v_1)$.
- C. $m(v_2^2 + v_1^2)$.
- D. $m(v_2^2 - v_1^2)$.

24. Al acelerar un cuerpo la fuerza resultante que sobre él se ejerce es igual a su

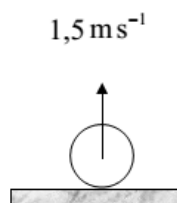
- A. cambio de momento.
- B. tasa de cambio de momento.
- C. aceleración por unidad de masa.
- D. tasa de cambio de la energía cinética.

25. Se deja caer una pelota sobre una superficie horizontal plana. Justo antes de que golpee la superficie está moviéndose con una rapidez de $2,0 \text{ ms}^{-1}$. Tras rebotar, abandona la superficie con una rapidez de $1,5 \text{ ms}^{-1}$ como se muestra en los diagramas siguientes.

Justo **antes** de golpear la superficie



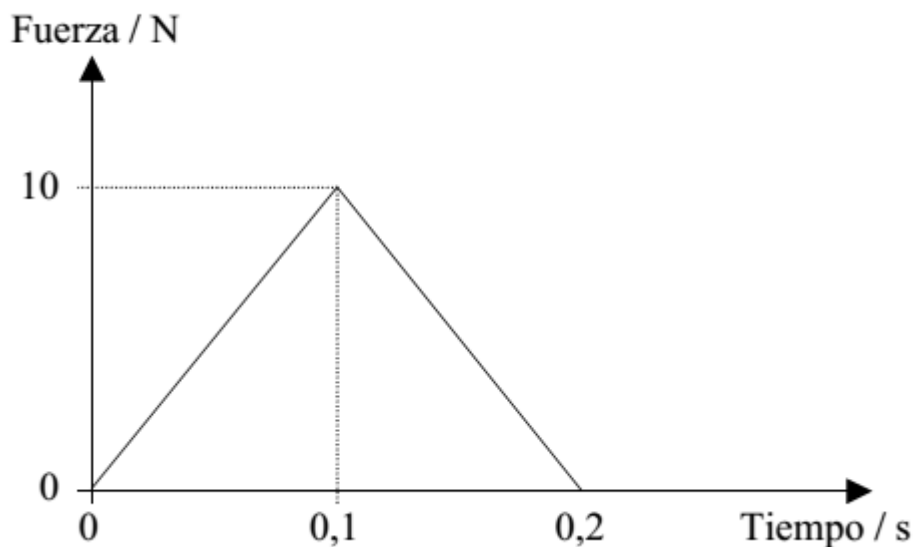
Justo **después** de abandonar la superficie



Si la pelota está en contacto con el suelo durante $0,1 \text{ s}$, el módulo de su aceleración media mientras dura ese contacto con el suelo es.

- A. 35 ms^{-2}
- B. 20 ms^{-2}
- C. 15 ms^{-2}
- D. 5 ms^{-2}

26. Sobre un objeto actúa una fuerza variable. La gráfica siguiente muestra como varía la fuerza a lo largo del tiempo.



El impulso recibido por el objeto es

- A. 100 N s. B. 10 N s. C. 2 N s. **D. 1 N s**

27. Un automóvil choca contra un camión de mayor masa.

Durante la colisión cada uno de los vehículos ejerce una fuerza sobre el otro. ¿Qué relación existe entre los módulos de estas dos fuerzas?

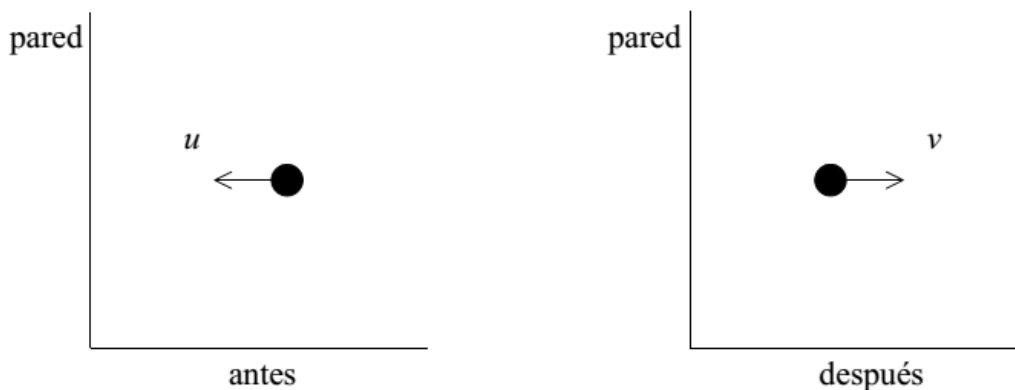
A. Las fuerzas no pueden compararse sin saber qué relación existe entre las velocidades iniciales.

B. Los módulos de las fuerzas son iguales.

C. La mayor fuerza es la que ejerce el camión.

D. La mayor fuerza es la que ejerce el automóvil.

28. Los diagramas muestran el sentido y rapidez u de una bola antes de golpear una pared vertical y su sentido y rapidez v después de chocar con la pared.

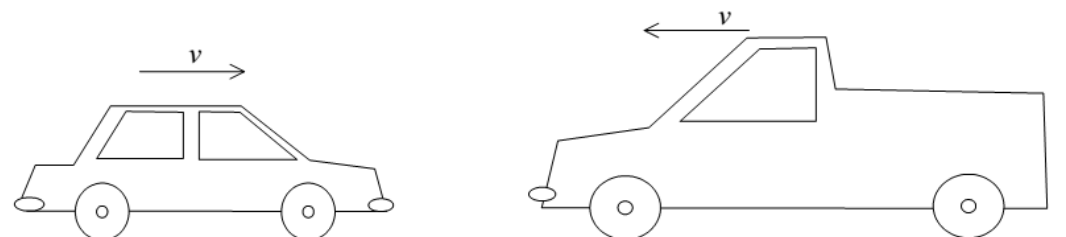


La bola está en contacto con la pared durante un tiempo Δt .

El módulo de la fuerza media F ejercida sobre la bola por la pared viene dada por Rpt. C

- A. $F = \frac{mu - mv}{\Delta t}$.
- B. $F = (mu - mv)\Delta t$.
- C. $F = \frac{mu + mv}{\Delta t}$.
- D. $F = (mu + mv)\Delta t$.

29. Un vehículo de pasajeros y una camioneta que viajan a la misma velocidad y en sentidos opuestos chocan de frente. La camioneta tiene más masa que el vehículo de pasajeros.



¿Cómo diferirán los cambios de la cantidad de movimiento durante la colisión?

- A. El vehículo de pasajeros tendrá el mayor cambio de la cantidad de movimiento.
- B. La camioneta tendrá el mayor cambio la cantidad de movimiento.
- C. La camioneta y el vehículo de pasajeros tendrán cambios de la cantidad de movimientos iguales pero opuestos.
- D. En el caso de un choque inelástico de este tipo no pueden compararse los cambios de la cantidad de movimiento.

Topic 2.4 – Momentum and Impulse -Paper 2.

1. Choque entre un coche y un camión

Un coche y un camión están ambos viajando a la velocidad límite de 60 kmh^{-1} pero en sentido opuesto según se indica. El camión tiene una masa doble que la del coche.



Los vehículos chocan de frente y se pegan uno con otro.

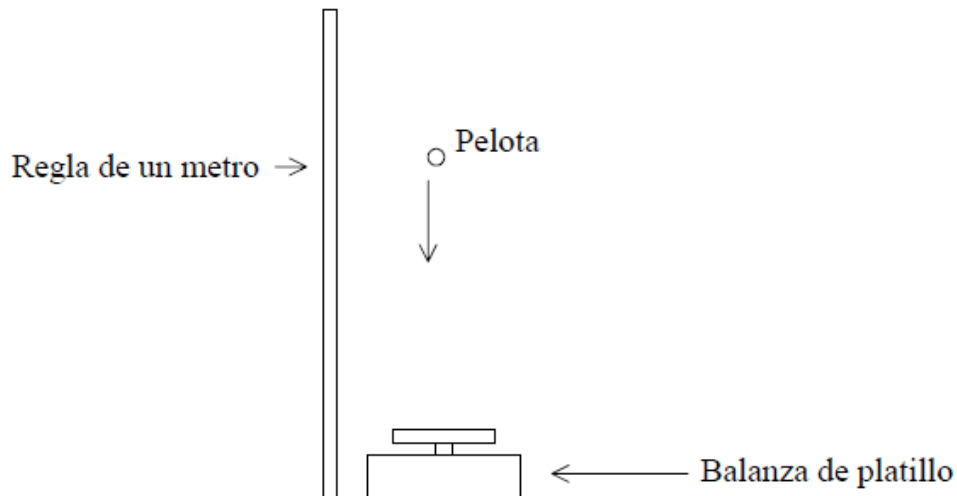
(a) Durante el choque, ¿cómo se compara la fuerza ejercida por el coche sobre el camión con la fuerza ejercida por el camión sobre el coche? Explicar. [2]

- (b) ¿En qué sentido se moverán los vehículos pegados después del choque o permanecerán estacionarios? Basar la respuesta, refiriéndose a un principio físico. [2]
- (c) Determinar la velocidad (en kmh^{-1}) de los restos combinados inmediatamente después del choque. [3]
- (d) ¿Cómo se compara la aceleración del coche con la aceleración del camión durante el choque? Explicar. [2]
- (e) Ambos conductores llevan puestos los cinturones de seguridad. ¿Cuál de los conductores será más afectado por el choque? Explicar. [2]
- (f) La energía cinética total del sistema disminuye como resultado del choque. ¿Se viola el principio de conservación de la energía? Explicar. [1]

B1. Part 1

- (a) Forces equal (*11*), by Newton's third law (*11*). [2]
- (b) Move in the direction of the truck, *i.e.* to the left. [1]
Total system momentum before collision was to the left and must remain so after the collision, by conservation of momentum. [1] [2]
- (c) Momentum before = momentum after (*award 11 for explicit or implied*).
 $m \times 60 - 2m \times 60 = (m + 2m)V$ [1]
 $-m \times 60 = 3m V$
 $V = \frac{-60}{3} = -20 \text{ kmh}^{-1}$ (*i.e.* 20 kmh^{-1} to the left). [1] [3]
- (d) Car acceleration is greater (*11*), because force on car and truck is the same but car mass is smaller (*11*). [2]
- (e) Car driver.
Because car reverses direction, change of velocity is greater in the same time, *i.e.* acceleration is greater (*11*), hence force by seatbelt greater (for same mass person). [1] [2]
OR: Acceleration of car driver is greater than of truck driver (inferred from (d)) [1]
Hence force by seatbelt greater on car driver (for same mass person of course). [1]
- (f) Not violated, since some energy goes into deformation and heat... [1]

2. Esta pregunta versa sobre una pelota que rebota y sobre el tiempo de contacto.



Miguel ha concebido un método para medir cuánto tiempo está en contacto una pelota con la superficie de la que rebota. El método consiste en dejar caer la pelota en el platillo de una balanza calibrada, como se muestra en el diagrama anterior. La balanza se calibra en Newtons y Miguel registra la lectura máxima en la escala, la altura de la que la pelota cae y la altura a la que rebota.

Miguel obtiene la siguiente información.

Altura de la que cae la pelota = 0,80 m

Altura a la que la pelota rebota = 0,60 m

Lectura máxima en la escala de la balanza = 50,0 N

La masa de la pelota es de 0,20 kg y la aceleración debida a la gravedad se toma como 10 ms^{-2} .

(a) Calcule

(i) la velocidad de la pelota cuando choca contra el platillo de la balanza. [1]

(ii) la velocidad de la pelota cuando abandona el platillo de la balanza. [1]

(iii) El cambio total de momento lineal de la pelota desde que choca en el platillo de la balanza hasta que sale rebotada de él. [2]

(b) Miguel supone que la fuerza del contacto entre la pelota y el platillo de la balanza varía con el tiempo como se expone seguidamente.

(i) ¿Qué representa el área bajo el gráfico? [1]

(ii) Calcule el tiempo de contacto Δt . [2]

(c) Miguel deja caer ahora otra pelota en el platillo de la balanza desde la misma altura. Esta pelota tiene la misma masa que la primera, pero está fabricada de material más duro. Utilizando los mismos ejes que anteriormente en (b), bosqueje la forma de la gráfica que puede Miguel prever para esta pelota. [2]

A2. (a) (i) use $v = \sqrt{2gh}$ to get 4.0 m s^{-1} [1 max]

(ii) use $v = \sqrt{2gh}$ to get 3.5 m s^{-1} [1 max]

(iii) $\Delta p = m\Delta v = 0.2 \times 7.5;$ [1]
 $= 1.5 \text{ N s};$ [1]

(Award [1] for 0.1 N s and use e.c.f. in (b) below.)

[2 max]

(b) (i) the total change in momentum (accept impulse) [1 max]

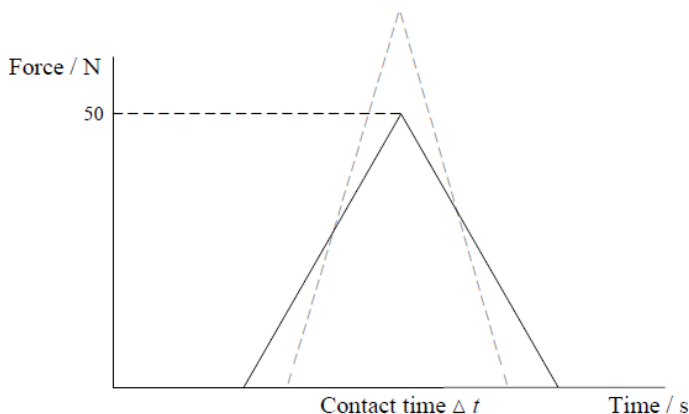
(ii) total momentum $= \frac{1}{2} 50 \times \Delta t = 1.5 \text{ N s};$ [1]

to give $\Delta t = 0.06 \text{ s};$ [1]

e.c.f. from above gives $\Delta t = 0.004 \text{ s};$

[2 max]

(c) (i)



smaller contact time;

greater maximum force;

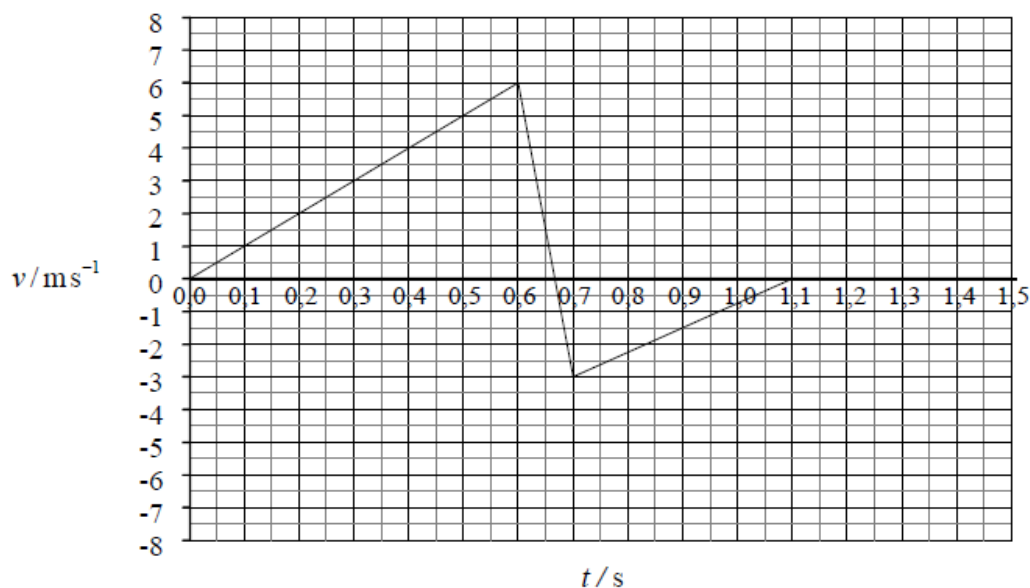
[1]

[1]

[2 max]

3. Esta pregunta trata de una pelota que rebota.

Una pelota blanda de goma con una masa de $0,20 \text{ kg}$ se deja caer desde el reposo sobre una superficie plana horizontal, y se captura al rebote en su punto más alto. Se utiliza un registrador automático de datos (de carácter sónico) para registrar la velocidad de la pelota en función del tiempo. La gráfica que sigue muestra cómo varía la velocidad de la pelota con respecto al tiempo t desde el momento en que se suelta hasta el momento en el que se captura.

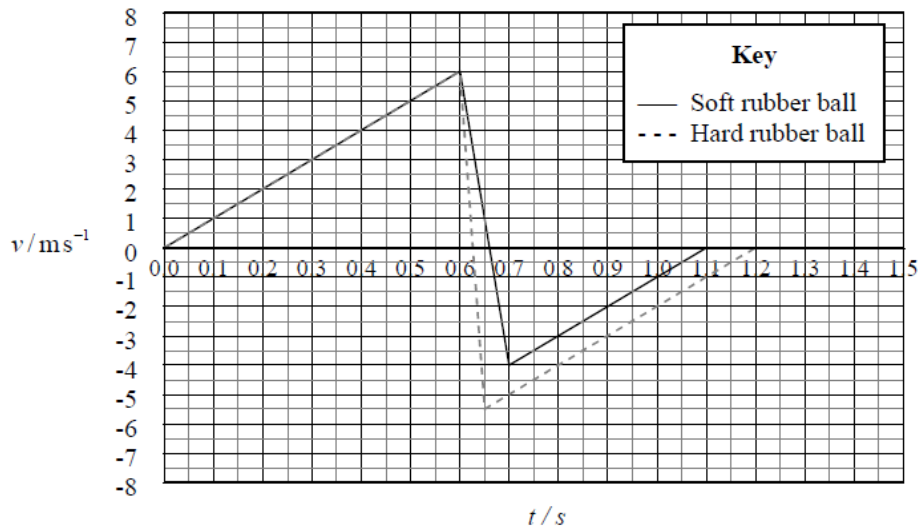


- (a) Marque en la gráfica anterior el momento 1 en el que la pelota choca contra la superficie y el t_2 momento en el que deja de estar en contacto con la superficie de éste. [2]
- (b) Use los datos de la gráfica anterior para determinar
- la aceleración debida a la gravedad. [3]
 - la altura hasta la que rebota. [3]
- (c) Sirviéndose de la gráfica de la página anterior, halle el cambio de momento de la pelota entre los instantes t_1 y t_2 . [3]
- (d) Determine el módulo de la fuerza media que la pelota ejerce contra el suelo. [4]
- (e) Explique cómo la colisión entre la pelota y la superficie del suelo es congruente con el principio de conservación del momento. [2]
- (f) ¿Es el módulo de la fuerza que la superficie ejerce contra la pelota mayor, menor o igual a la fuerza que la pelota ejerce sobre dicha superficie? Explique. [3]
- (g) Una pelota dura de goma con la misma masa que la anterior pelota blanda de goma se deja caer desde la misma altura que ésta última.
- Dado que la pelota dura de goma ejerce una fuerza mayor sobre la superficie que la pelota blanda de goma, trace a mano alzada, en la gráfica de la página anterior, un bosquejo de cómo considera usted que la velocidad de la pelota dura de goma varía con respecto al tiempo. (Observe que se trata de una gráfica a mano alzada y que no hay que añadir valores). [5]

SECTION B

- B1.** (a) $t_1 = 0.6$ s position; [1]
 $t_2 = 0.7$ s position; [1]
 [max 2]
- (b) (i) $g = \text{slope of graph};$ [1]
 $\text{slope of graph} = \frac{6.0}{0.6};$ [1]
 $= 10.0(\pm 0.3) \text{ m s}^{-2};$ [1]
 [max 3]
- (ii) $h = \frac{v^2}{2g};$ [1]
 $= \frac{16}{(2 \times 10.0)};$ [1]
 $= 0.8 \text{ m};$ [1]
 or from the graph time to reach maximum height of rebound = 0.4 s; [1]
 $h = \frac{1}{2}gt^2;$ [1]
 $\frac{1}{2} \times 10.0 \times 0.16 = 0.8 \text{ m};$ [1]
 [max 3]
- (c) momentum at $t_1 = 0.2 \times 6.0 = 1.2 \text{ N s};$ [1]
 momentum at $t_2 = 0.2 \times -4.0 = -0.8 \text{ N s};$ [1]
 change in momentum = 2.0 N s; [1]
 [max 3]
- (d) $F = \text{rate of change of momentum};$ [1]
 from the graph time = 0.1 s; [1]
 therefore $F = \frac{2.0}{0.1};$ [1]
 $= 20 \text{ N};$ [1]
 (ECF $\Delta p = 0.4 \text{ N s}$ $F = 4 \text{ N}$)
 [max 4]
- (e) Look for an answer which shows that they understand that it is the system comprising the ball and the Earth in which momentum is conserved. If they recognise that the collision is inelastic but can get no further award [1].
 [max 2]
- (f) equal; [1]
 Newton 3; [1]
 states forces are equal (and opposite); [1]
 OWTTE
 Look for an appreciation of Newton 3
 [max 3]

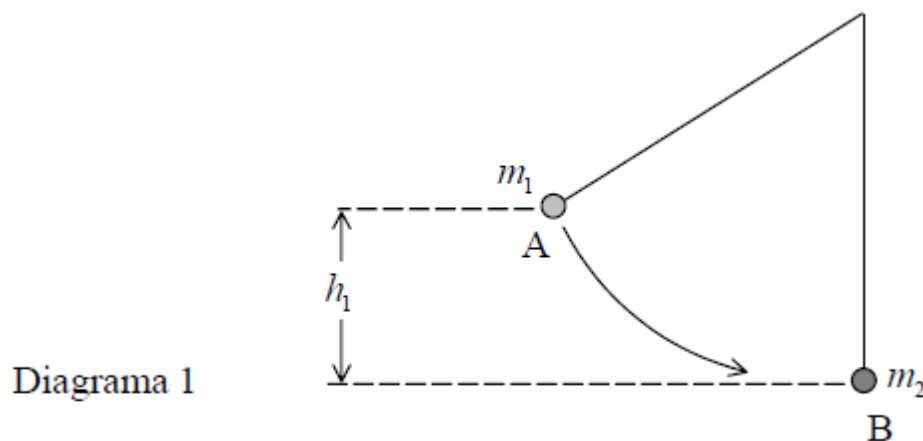
(g)



0 → 0.6 s is the same;
shorter contact time;
speed greater leaving floor;
same slope for rebound;
longer time to reach max rebound height;

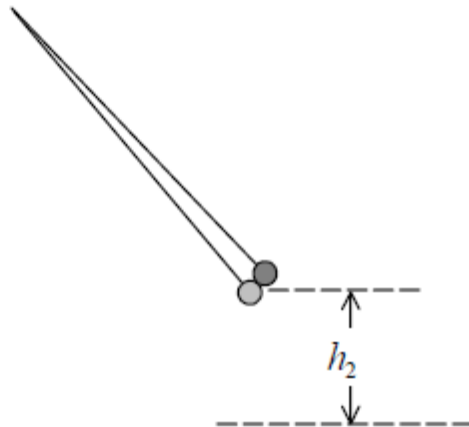
[1]
[1]
[1]
[1]
[1]
[max 5]

4. Dos bolas A y B, de masas m_1 y m_2 respectivamente, están suspendidas de un punto común por medio de cuerdas de igual longitud. Se tira de la bola A hacia la izquierda hasta que alcanza la altura, como se muestra en el diagrama 1, y a continuación se suelta.



La bola A oscila hacia abajo, se adhiere a la bola B, y las dos bolas oscilan juntas hacia la derecha hasta alcanzar una altura h_2 como se muestra en el diagrama 2.

Diagrama 2



- (a) Deduzca una expresión para
- la rapidez de m_1 inmediatamente antes de chocar con m_2 . [2]
 - la rapidez de m_1 y m_2 inmediatamente después del choque. [4]
- (b) Suponiendo conocida la rapidez de m_1 y m_2 inmediatamente después del choque, indique el nombre del principio (ley) de la física que permite encontrar una expresión para la altura $2h$ en términos de h_1 , m_1 , m_2 y g . [1]
- (c) Explique por qué la altura h_2 será siempre menor que la altura h_1 . [1]

B1. Part 2 Pendulum collision

(a) (i) $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = mgh_1$;
 $v = \sqrt{2gh_1}$; [2 max]

(ii) $p_{\text{before}} = m_1\sqrt{2gh_1}$;
 $p_{\text{after}} = (m_1 + m_2)v'$;
 $p_{\text{before}} = p_{\text{after}}$;
to give $v' = \frac{m_1\sqrt{2gh_1}}{m_1 + m_2}$; [4 max]

(b) conservation of energy; [1]

(c) because the collisions between the balls is inelastic / energy is always lost in the collision between the balls / OWTTE;
larger mass ascending; [1]

5. Esta pregunta trata de la colisión entre dos vagones de tren.

(a) Defina *momento lineal*. [1]

En el diagrama siguiente el vagón A se desplaza sobre una vía horizontal. Colisiona con un vagón parado B, y se une a éste. En el instante inmediatamente anterior a la colisión, el vagón A se mueve con velocidad $5,0\text{ms}^{-1}$. En el instante inmediatamente posterior a la colisión, la velocidad de los vagones es v .

La masa del vagón A es de 800 kg y la masa del vagón B es de 1200 kg.

- Calcule la velocidad v en el instante inmediatamente posterior a la colisión. [3]
- Calcule la energía cinética total perdida durante la colisión. [2]

(c) Sugiera qué ha ocurrido con la energía cinética perdida. [2]

A2. (a) mass \times velocity; [1]

(b) (i) momentum before = $800 \times 5 = 4000 \text{ N s}$;
momentum after = $2000v$;
conservation of momentum gives $v = 2.0 \text{ ms}^{-1}$; [3]

(ii) KE before = $400 \times 25 = 10000 \text{ J}$ KE after = $1000 \times 4 = 4000 \text{ J}$;
loss in KE = 6000 J ; [2]

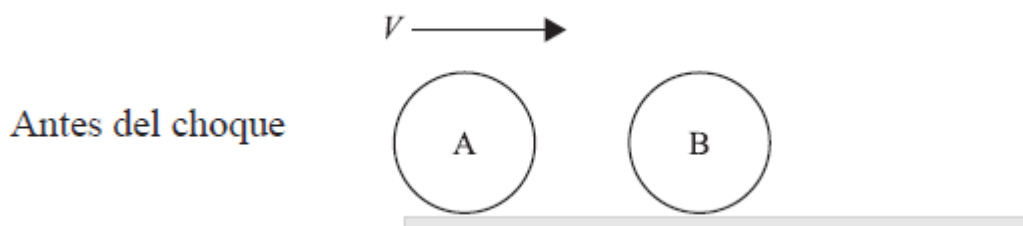
(c) transformed/changed into;
heat (internal energy) (and sound); [2]
Do not accept "deformation of trucks".

6. Conservación del momento lineal y de la energía

(a) Indique la tercera ley de Newton. [1]

(b) Indique la ley de conservación del momento lineal. [2]

El diagrama de más abajo muestra dos bolas idénticas, A y B, sobre una superficie horizontal. La bola B está en reposo y la bola A se mueve con velocidad V a lo largo de una línea que conecta los centros de ambas bolas. La masa de cada bola es M .



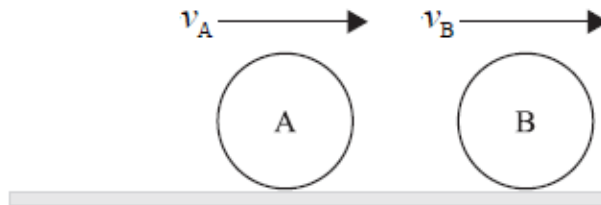
Durante el choque de las bolas, el módulo de la fuerza que ejerce la bola A sobre la B es F_{AB} y el módulo de la fuerza que ejerce la bola B sobre la bola A es F_{BA} .

(c) Sobre el diagrama de más abajo, añada flechas rotuladas para representar el módulo, la dirección y el sentido de las fuerzas F_{AB} y F_{BA} . [3]



Las bolas están en contacto durante un tiempo Δt . Después del choque, la velocidad de la bola A es $+v_A$ y la de la bola B $+v_B$ con las direcciones y sentidos mostrados.

Después del choque



Como resultado del choque hay un cambio en los momentos lineales de las bolas A y B.

(d) Utilice la segunda ley de Newton del movimiento para deducir una expresión que relacione las fuerzas que actúan durante el choque con el cambio en el momento lineal de

(i) Bola B [2]

(ii) Bola A [2]

(e) Aplique la tercera ley de Newton, junto con la respuesta que haya dado a (d), para deducir que el cambio en el momento lineal del sistema (bola A y bola B), como resultado del choque, es cero. [4]

(f) Deduzca que, si la energía cinética se conserva en el choque, entonces, después de ocurrido éste, la bola A quedará en reposo y la bola B se moverá con rapidez V . [3]

B3. Part 1 Conservation of momentum and energy

- (a) when two bodies A and B interact, the force that A exerts on B is equal and opposite to the force that B exerts on A;

or

when a force acts on a body an equal and opposite force acts on another body somewhere in the universe;

Award [0] for "action and reaction are equal and opposite" unless they explain what is meant by the terms.

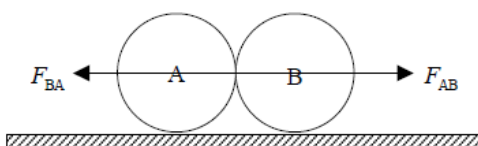
[1 max]

- (b) if the net external force acting on a system is zero; then the total momentum of the system is constant (or in any one direction, is constant);

To achieve [2] answers should mention forces and should show what is meant by conserved. Award [1 max] for a definition such as "for a system of colliding bodies, the momentum is constant" and [0] for "a system of colliding bodies, momentum is conserved".

[2]

- (c)



arrows of equal length;
acting through centre of spheres;
correct labelling consistent with correct direction;

[3]

- (d) (i) Ball B:

change in momentum = Mv_B ;

hence $F_{AB}\Delta t = Mv_B$;

[2]

- (ii) Ball A:

change in momentum = $M(v_A - V)$;

hence from Newton 2, $F_{BA}\Delta t = M(v_A - V)$;

[2]

- (e) from Newton 3, $F_{AB} + F_{BA} = 0$, or $F_{AB} = -F_{BA}$;

therefore $-M(v_A - V) = Mv_B$;

therefore $MV = Mv_B + Mv_A$;

that is, momentum before equals momentum after collision such that the net change in momentum is zero (unchanged) / OWTTE;

Some statement is required to get the fourth mark i.e. an interpretation of the maths result.

[4]

- (f) from conservation of momentum $V = v_B + v_A$;

from conservation of energy $V^2 = v_B^2 + v_A^2$;

if $v_A = 0$, then both these show that $v_B = V$;

or

from conservation of momentum $V = v_B + v_A$;

from conservation of energy $V^2 = v_B^2 + v_A^2$;

so, $V^2 = (v_B + v_A)^2 = v_B^2 + v_A^2 + 2v_A v_B$ therefore v_A has to be zero;

[3 max]

Answers must show that effectively, the only way that both momentum and energy conservation can be satisfied is that ball A comes to rest and ball B moves off with speed V.

7. Momento lineal

(a) Defina

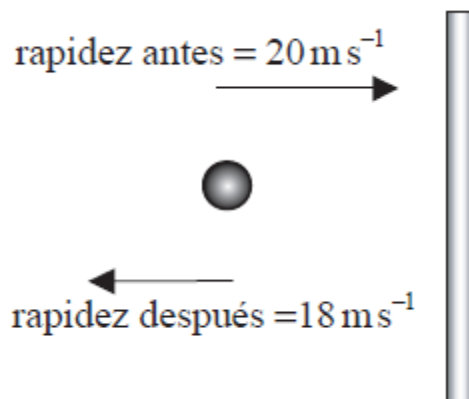
(i) momento lineal. [1]

(ii) impulso. [1]

(b) Explique si el momento lineal y el impulso son cantidades escalares o vectoriales.

(c) Basándose en las leyes de Newton del movimiento, deduzca que cuando dos partículas chocan, el momento se conserva. [5]

Una pelota de goma, de masa 50 g, se lanza contra una pared vertical. La pelota choca contra el muro con una rapidez horizontal de 20 ms^{-1} y rebota con una rapidez horizontal de 18 ms^{-1} , como se muestra a continuación.



La pelota está en contacto con la pared durante 0,080 s.

(d) (i) Calcule el cambio en el momento lineal de la pelota. [2]

(ii) Calcule la fuerza media ejercida por la pelota sobre la pared. [2]

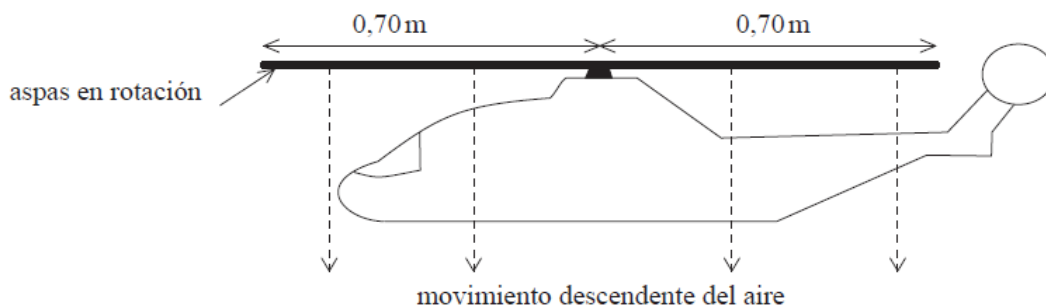
(iii) Sugiera, en términos de las leyes del movimiento de Newton, la razón por la que una bola de acero de la misma masa y la misma rapidez horizontal inicial ejerce una fuerza mayor sobre la pared. [3]

B3. Part 2 Linear momentum

- (a) (i) product of mass and velocity / *OWTTE*; [1]
- (ii) change of momentum / *OWTTE*; [1]
Accept product of force and time taken / OWTTE.
- (b) they are vectors because they have magnitude and direction; [1]
Answer needs some form of explanation to receive the mark but it can be simple.
- (c) appropriate reference / naming of Newton III;
to give forces equal and opposite;
time of collision the same for each particle;
appropriate reference / naming of Newton II;
impulse / change in momentum equal and opposite; [5]
- (d) (i) change of momentum = $0.05 \times (20 - (-18))$;
 $= 1.9 \text{ kg m s}^{-1}$; [2]
Award [1 max] for forgetting vector nature i.e. 0.1 kg m s^{-1} .
- (ii) force = answer to (i) / 0.08;
 $= 23.75 \text{ N} \approx 24 \text{ N}$; [2]
- (iii) shorter contact time / greater rebound speed;
so rate of change in momentum larger / *OWTTE*;
appropriate reference to Newton's laws; [3]

8. Esta pregunta trata de las leyes del movimiento de Newton, de la dinámica de un modelo de helicóptero y del motor que lo impulsa.

- (a) Explique cómo la tercera ley de Newton lleva al concepto de conservación del momento lineal en la colisión entre dos objetos en un sistema aislado. [4]
- (b) El diagrama ilustra un modelo de helicóptero que se mantiene en vuelo parado en una posición estacionaria.



- Las aspas en rotación del helicóptero hacen que una columna de aire se mueva hacia abajo. Explique cómo esto hace posible que el helicóptero permanezca quieto. [3]
- (c) La longitud de cada lámina del helicóptero en (b) es los 0,70 m. Deduzca que el área que el barrido de las láminas hacia fuera como rotación es $1,5 \text{ m}^2$.
(Área de un círculo $= \pi r^2$) [1]
- (d) Para el helicóptero en vuelo parado de (b), se supone que todo el aire por debajo de las aspas es empujado en vertical hacia abajo con la misma velocidad de $4,0 \text{ ms}^{-1}$. El resto del aire no se ve afectado.
La densidad del aire es de $1,2 \text{ kg m}^{-3}$.
Calcule, para el aire desplazado hacia abajo por las aspas en rotación,
(i) la masa por segundo. [2]

(ii) el ritmo de cambio del momento lineal. [1]

(e) Indique el módulo de la fuerza que el aire por debajo de las aspas ejerce sobre éstas. [1]

(f) Calcule la masa del helicóptero y su carga. [2]

(g) Con el fin de desplazarse hacia adelante, se hace que las aspas del helicóptero se inclinen formando un ángulo θ respecto a la horizontal, como se muestra esquemáticamente a continuación.



Mientras se mueve hacia adelante, el helicóptero no se desplaza en vertical hacia arriba ni hacia abajo. En el espacio en blanco proporcionado a continuación, dibuje un diagrama de fuerzas de cuerpo libre que muestre las fuerzas que actúan sobre las aspas del helicóptero en el momento en que éste empieza a moverse hacia adelante. En su diagrama, marque el ángulo con la letra θ .

(h) Utilice su diagrama en (g) de la página anterior para explicar por qué una fuerza F hacia adelante ahora actúa sobre el helicóptero y deduzca que la aceleración inicial a del helicóptero viene dada por

$a = g \tan \theta$ donde g es la aceleración de la caída libre. [5]

(i) El helicóptero es impulsado por un motor cuya potencia de salida útil es de $9,0 \times 10^2$ W. El motor alcanza 300 revoluciones por segundo. Deduzca que el trabajo efectuado en un ciclo es de 3,0 J. [1]

- B1.** (a) before and after collision there are no forces acting on the objects;
from Newton 3 when the two bodies are in contact the forces that they exert on each other are equal and opposite / *OWTTE*;
therefore, the net force on the two balls is always zero;
therefore, there is no change in momentum (of the objects) / momentum is conserved;

or

Accept an argument based on change in momentum of each individual object.

e.g.

from Newton 3 $F_{12} = -F_{21}$; (*accept statement in words*)

$$F_{12} = \frac{\Delta p_1}{\Delta t} \text{ and } F_{21} = \frac{\Delta p_2}{\Delta t};$$

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta p_2}{\Delta t};$$

$$\text{therefore, } \Delta p_1 + \Delta p_2 = 0;$$

[4]

- (b) the blades exert a force on the air and by Newton's third law the air exerts an equal and opposite force on the blades / air has change in momentum downwards giving rise to a force and from Newton 3 there will a force upwards;
if this force equals the weight of the helicopter;
the net vertical force on the helicopter will be zero / *OWTTE*;

[3]

- (c) $\text{area} = \pi 0.7^2$;
 $= 1.5 \text{ m}^2$

[1]

- (d) (i) volume of air per second $= 1.5 \times 4.0 (\text{m}^3 \text{ s}^{-1})$;
mass $= \text{volume} \times \text{density} = (1.2 \times 1.5 \times 4.0) = 7.2 \text{ kg s}^{-1}$;
No unit error for 7.2 kg.

[2]

- (ii) momentum per second $= (7.2 \times 4.0) = 29 \text{ N}$;

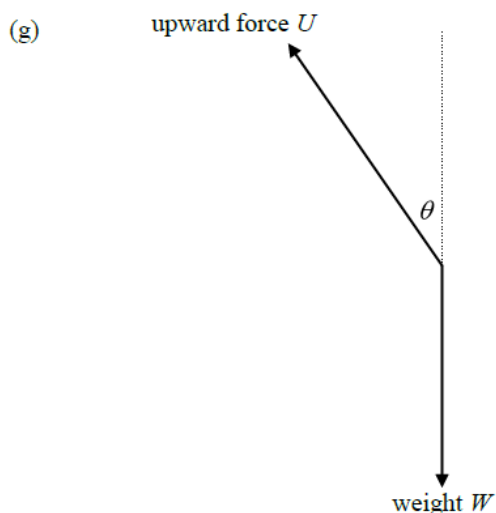
[1]

- (e) 29 N;

[1]

- (f) recognise that the force on the blades $= Mg$;
to give 3.0 kg;

[2]



correct relative directions of forces;
upward force length greater than weight by eye;
appropriate labelling of forces;
angle θ as shown above;
Award [2 max] if extra force(s) drawn.

[4]

- (h) the forward force is the horizontal component of U ;
resolve vertically $U \cos \theta = W$;
horizontal component $F = U \sin \theta$;
divide to get $\frac{F}{W} = \tan \theta$;
 $F = (W \tan \theta) = Mg \tan \theta = Ma$;
to give $a = g \tan \theta$

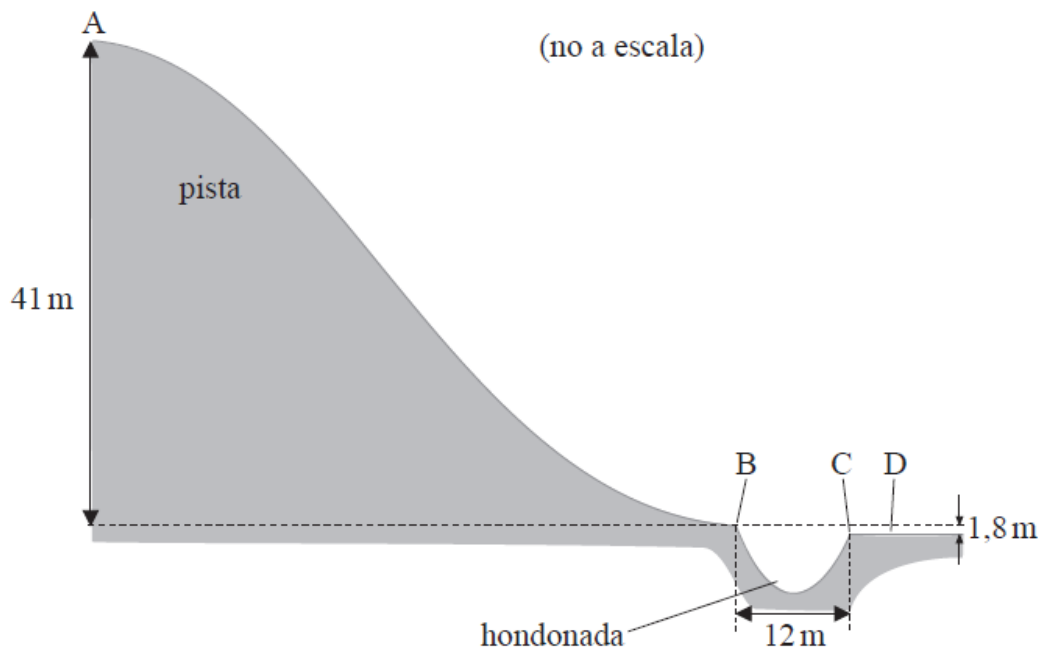
[5]

Award [5 max] for a correctly labelled force diagram incorporating mass with a justifying statement. Award [1 max] for triangle mixing accelerations and force.

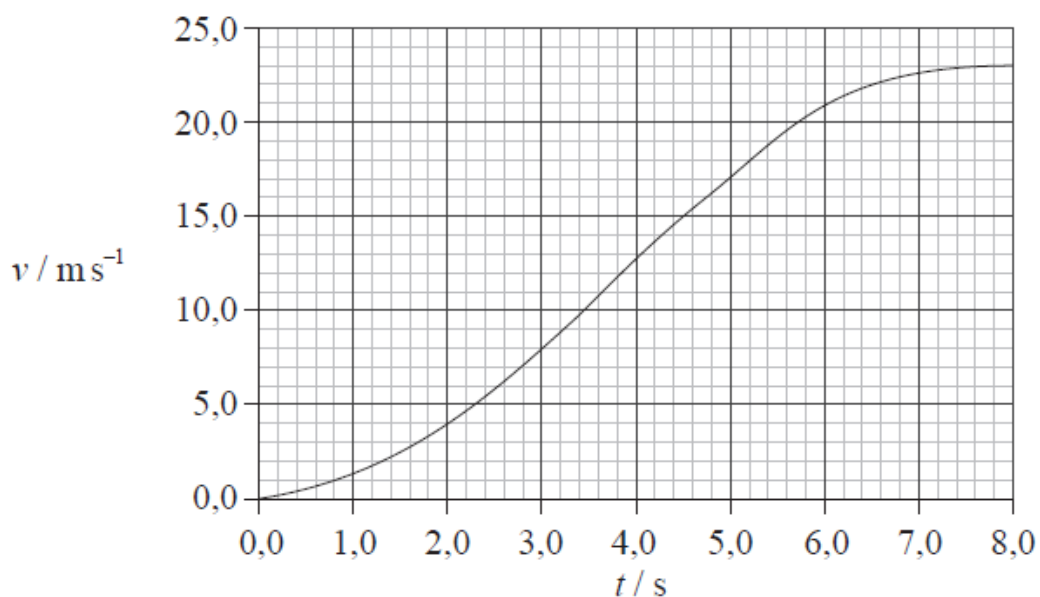
9. Movimiento lineal

En una competición deportiva, un esquiador desciende por una pista AB. En B hay una hondonada de 12 m de anchura. La pista y la hondonada se muestran en el diagrama siguiente.

La altura vertical de la pista es de 41 m.



La gráfica siguiente muestra la variación con el tiempo t de la rapidez v de bajada del esquiador por la pista.



El esquiador, de masa 72 kg, tarda 8,0 s, partiendo del reposo, en esquiar la longitud AB de la pista.

(a) Utilice la gráfica para

(i) calcular la energía cinética EC del esquiador en el punto B. [2]

(ii) determinar la longitud de la pista. [4]

(b) (i) Calcule la magnitud del cambio ΔEP en la energía potencial gravitatoria del esquiador, entre los puntos A y B. [2]

(ii) Utilice sus respuestas a (a)(i) y (b)(i) para determinar el cociente. [2]

$$\frac{(\Delta E_p - E_c)}{\Delta E_p}$$

(iii) Sugiera qué representa este cociente. [1]

(c) En el punto B de la pista, el esquiador pierde el contacto con el suelo. “Vuela” sobre la hondonada y aterriza en el lado más bajo, en el punto D. El punto C del lado más bajo de la hondonada se encuentra 1,8 m por debajo del punto B del lado más alto.

(i) Calcule el tiempo que tarda un objeto en caer, partiendo del reposo, desde una distancia vertical de 1,8 m. Se puede despreciar la resistencia del aire. [2]

(ii) El tiempo calculado en (c)(i) es el tiempo de vuelo del esquiador a través de la hondonada. Determine la distancia horizontal recorrida por el esquiador durante este tiempo, suponiendo que el esquiador mantiene constante la rapidez que llevaba al abandonar la pista en B. [2]

B1. Part 1 Linear motion

(a) (i) $E_K = \frac{1}{2} \times 72 \times 23^2$;
 $= 1.9 \times 10^4 \text{ J}$; [2]

(ii) uses area between the t -axis and the line;
correctly converts area \rightarrow distance (one $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ square $\equiv 5.0\text{m}$);
distance between 90 m and 105 m;
improved accuracy, distance between 95 m and 100 m; [4]
Do not accept kinematic formulas. Distance can only be found from area.

(b) (i) $\Delta E_p = 72 \times 9.8 \times 41$;
 $= 2.9 \times 10^4 \text{ J}$; [2]
Accept $3.0 \times 10^4 \text{ J}$ for responses using $g = 10 \text{ m s}^{-2}$.

(ii) $\text{ratio} = \frac{(2.9 \times 10^4 - 1.9 \times 10^4)}{(2.9 \times 10^4)}$;
 $= 0.34$; [2]
Accept 0.37 for responses using $g = 10 \text{ m s}^{-2}$.

(iii) fraction of energy lost due to air resistance / friction between skis and slope
/ work to push snow away from skis; [1 max]

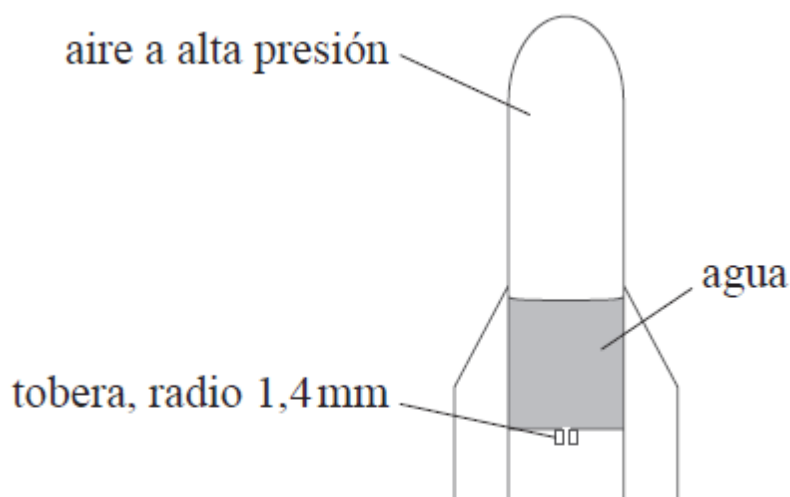
(c) (i) $1.8 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$;
 $t = 0.61 \text{ s}$; [2]

(ii) distance $= 23 \times 0.61$;
 $= 14 \text{ m}$; [2]

10. Momento

(a) Indique la ley de conservación del momento lineal. [2]

(b) Un cohete de juguete de masa 0,12 kg lleva 0,59 kg de agua, como muestra el diagrama siguiente.



La zona por encima del agua contiene aire a alta presión. La tobera del cohete tiene una sección circular de radio 1,4 mm. Cuando se abre la tobera, el agua sale por ella con rapidez constante de 18 ms^{-1} . La densidad del agua es 1000 kgm^{-3} .

- (i) Deduzca que el volumen de agua eyectada por segundo a través de la tobera es $1,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. [2]
- (ii) Deduzca que la fuerza hacia arriba sobre el cohete que ejerce el agua eyectada es aproximadamente 2,0 N. Explique su resolución haciendo referencia a las leyes de Newton del movimiento. [4]
- (iii) Calcule el tiempo que transcurre desde la apertura de la tobera hasta que el cohete logra elevarse. [2]

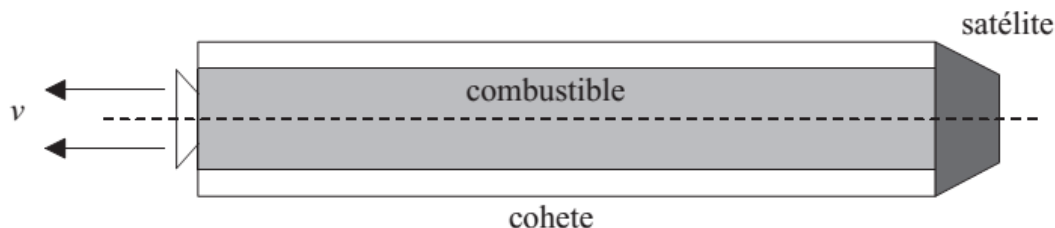
B2. Part 1 Momentum

- (a) the momentum of a system (of interacting particles) is constant;
if no external force acts on system / net force on system is zero / isolated system;
A statement of "momentum before = momentum after" achieves first mark only. [2]
- (b) (i) use of volume = $\pi r^2 \times v$;
 $= \pi \times (1.4 \times 10^{-3})^2 \times 18$;
 $= 1.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ [2]
- (ii) mass ejected per second = $1.1 \times 10^{-4} \times 1000 = 0.11 \text{ kg}$;
change in momentum per second = 0.11×18 ;
by Newton's 2nd, this is force on (ejected) water;
by Newton's 3rd, equal force acts upwards on rocket;
so force is 2.0 N [4]
Do not accept references to momentum conservation.
- (iii) weight of water to be ejected = 5.0 N / mass of water to be ejected = 0.51 kg;
time delay = 4.6 s; [2]

11. Esta pregunta trata sobre el momento lineal.

En el espacio sideral, un cohete alejado de cualquier otra masa se utiliza para propulsar un satélite. En $t=0$, se ponen en funcionamiento los motores y los gases abandonan la parte trasera del cohete con una rapidez $v=7,2 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$ relativa al cohete. Los gases se

expulsan a un ritmo constante de $1,4 \text{ kgs}^{-1}$. La masa del cohete (incluyendo el combustible) en $t=0$ es 280 kg .



- (a) Utilizando las leyes del movimiento de Newton, explique por qué el cohete acelerará.
 (b) Resuma cómo se aplica la ley de conservación del momento lineal al movimiento del cohete. [2]
 (c) Estime la rapidez del cohete en el instante $t= 1,0\text{s}$. [3]

A3. (a) the rocket exerts a force on the gases and so the gases exert a force on the rocket / there is a reaction force on rocket from gases / *OWTTE*;
 force on the rocket causes the rocket to accelerate;

[2]

(b) the net external force on the rocket and gases/system is zero / system is closed/isolated, therefore the total momentum of the system stays the same;
 change in momentum of the gases = $(-)$ change in momentum of the rocket;

[2]

(c) after 1.0s momentum of gases = $1.4 \times [7.2 \times 10^3 - v] \text{Ns}$ and momentum of rocket
 = $(280 - 1.4) \times v \text{Ns}$;

application of momentum conservation $\left(\text{to give } v = \frac{1.4 \times 7.2 \times 10^3}{280} \right)$;

36 ms^{-1} ;

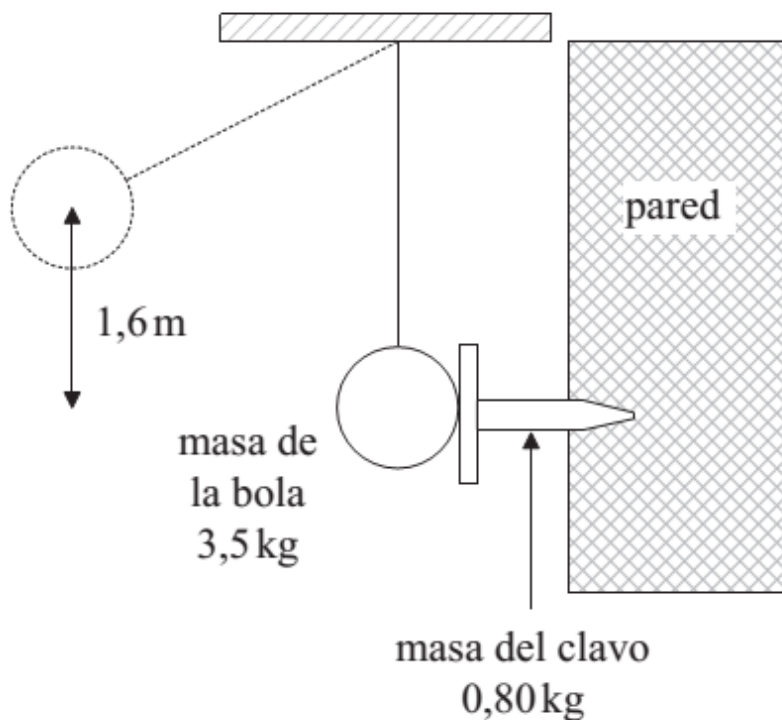
[3]

12. Momento lineal, energía y potencia

(a) En su obra Principia Mathematica Newton expresó su tercera ley del movimiento como “a toda acción se opone siempre una reacción igual”. Indique qué quería decir Newton con esta ley. [1]

(b) Un libro es liberado de su posición de reposo y cae hacia la superficie de la Tierra. Discuta cómo se aplica la conservación del momento lineal al sistema Tierra-libro. [3]

(c) Se utiliza una bola grande colgada para clavar un clavo de hierro horizontal en una pared vertical. El centro de la bola cae una altura vertical de $1,6\text{m}$ antes de golpear el clavo en la posición indicada.



La masa de la bola es de 3,5 kg y la masa del clavo es de 0,80 kg. Justo después del impacto, la bola y el clavo se mueven juntos. Demuestre que

(i) la velocidad de la bola al golpear el clavo es de $5,6 \text{ ms}^{-1}$. [1]

(ii) la energía disipada como consecuencia de la colisión es de aproximadamente 10J. [4]

(d) Como consecuencia del impacto de la bola con el clavo, el clavo penetra en la pared una distancia de $7,3 \times 10^{-2} \text{ m}$. Calcule, suponiendo que es constante, la fuerza de rozamiento F entre el clavo y la pared. [3]

(e) La máquina empleada para elevar la bola tiene una potencia de salida útil de 18W. Calcule cuánto tiempo tarda la máquina en elevar la bola hasta una altura de 1,6m. [3]

B3. Part 1 Momentum, energy and power

- (a) when a force acts on a body an equal and opposite force acts on another body / in the interaction between two bodies A and B, the force that A exerts on B is equal and opposite to the force that B exerts on A; [1]

- (b) forces on Earth and book are equal and opposite / no external force acts on the system;
changes in momentum of Earth and book are equal and opposite / net force on Earth-book system is zero;
hence momentum of Earth-book system stays the same/is always zero and so is conserved; [3]

- (c) (i) $v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.6}$;
 $= 5.6 \text{ m s}^{-1}$ [1]

- (ii) calculation of speed of ball and spike $3.5 \times 5.6 = 4.3 \text{ V}$;
 $V = \left(\frac{3.5 \times 5.6}{4.3} \right) 4.6 \text{ m s}^{-1}$;
 $\text{KE before} = \frac{1}{2} [3.5 \times 5.6^2]$ $\text{KE after} = \frac{1}{2} [4.3 \times 4.56^2]$;
energy dissipated = $54.88 - 44.70$;
 $= 10 \text{ J}$ [4]
Accept 9.4 J if 4.6 used for V.

- (d) $F = \frac{\Delta KE}{s}$;
 $\Delta KE = 0.50 \times 4.3 \times 4.6^2 = 45 \text{ (J)}$;
 $F = \left(\frac{45}{7.3 \times 10^{-2}} \right) 6.2 \times 10^2 \text{ N}$; [3]

or

$$a = \frac{v^2}{2s};$$

$$a = 1.45 \times 10^2 \text{ m s}^{-2};$$

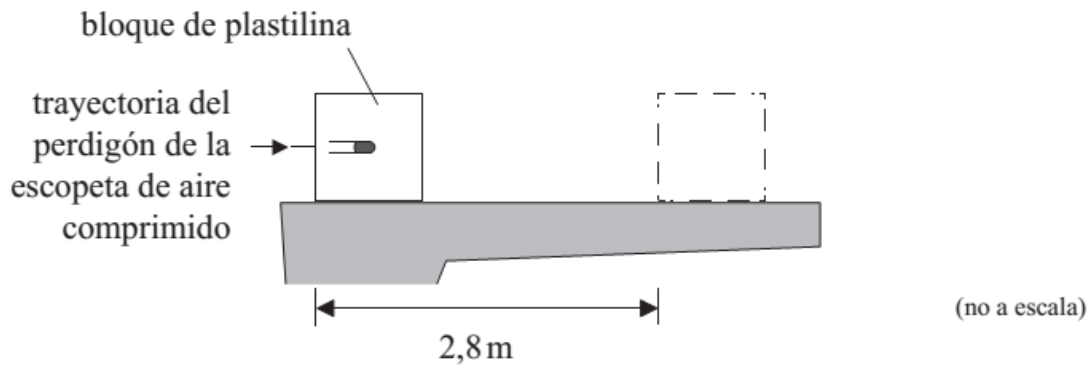
$$F = ma = 4.3 \times 1.45 \times 10^2 = 6.2 \times 10^2 \text{ N};$$

- (e) $\text{time} = \frac{\text{work}}{\text{power}}$;
 $\text{work} = (3.5 \times 1.6 \times 9.8) = 55 \text{ (J)}$;
 $\text{time} = \left(\frac{55}{18} \right) 3.1 \text{ s}$; [3]

13. Choques

(a) Indique el principio de conservación del momento lineal. [2]

(b) En cierto experimento, se utiliza una escopeta de aire comprimido para disparar un perdigón hacia un bloque de plastilina para modelado, que está situado sobre una mesa.



El perdigón de la escopeta de aire comprimido permanece en el interior del bloque de plastilina después del impacto.

Como resultado del choque, el bloque de plastilina se desliza en línea recta a lo largo de la mesa y alcanza el reposo. Más abajo se indican otros datos relativos al experimento.

Masa del perdigón de la escopeta de aire comprimido = 2,0g

Masa del bloque de plastilina = 56 g

Velocidad de impacto del perdigón de la escopeta de aire comprimido = 140 ms^{-1}

Distancia de parada del bloque de plastilina = 2,8 m

- Demuestre que la rapidez inicial del bloque de plastilina después de ser golpeado por el perdigón de la escopeta de aire comprimido es de $4,8 \text{ ms}^{-1}$. [2]
- Calcule la fuerza de rozamiento media que ejerce la mesa sobre el bloque de plastilina, mientras que dicho bloque esté en movimiento. [4]
- Discuta las transformaciones de energía que ocurren en el bloque de plastilina y en el perdigón de la escopeta de aire comprimido, desde el momento en que el perdigón de la escopeta de aire comprimido choca contra el bloque hasta que el bloque de plastilina alcanza el reposo. [3]
- Se deja caer el bloque de plastilina, partiendo del reposo, desde el borde de la mesa y cae verticalmente hasta el suelo. La mesa está a 0,85 m por encima del suelo. Calcule la rapidez con la que el bloque de plastilina choca contra el suelo. [2]

Part 2 Collisions

- (a) the total momentum of a system is constant;
provided external force does not act;

[2]

or

the momentum of an isolated/closed system;
is constant;

Award [1] for momentum before collision equals collision afterwards.

- (b) (i) initial momentum = $2.0 \times 10^{-3} \times 140$;

$$\text{final speed} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \times 140}{5.6 \times 10^{-2} + 2.0 \times 10^{-3}} ;$$

$$= 4.8 \text{ m s}^{-1}$$

[2]

Watch for incorrect mass values in equation.

- (ii) initial kinetic energy of pellet + clay block = $\frac{1}{2}mv^2$;

$$0.5 \times 0.058 \times 4.8^2 (= 0.67 \text{ J}) ;$$

$$\text{force} = \frac{\text{work done}}{\text{distance travelled}} ;$$

$$= 0.24 \text{ N} ;$$

[4]

or

use of appropriate kinematic equation with consistent sign usage e.g. $a = \frac{u^2 - v^2}{2s}$;

$$a = \frac{4.8^2}{2 \times 2.8} ;$$

$$F = \frac{0.058 \times 4.8^2}{2 \times 2.8} ;$$

$$= 0.24 \text{ N} ;$$

- (c) kinetic energy of pellet is transferred to kinetic energy of clay block;
and internal energy of pellet and clay block;
clay block loses kinetic energy as thermal energy/heat;

[3]

- (d) $v = \sqrt{2gs}$;

$$= 4.1 \text{ m s}^{-1} ;$$

[2]

Allow $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ answer 4.1 m s^{-2}

14. Las leyes de Newton y el momento lineal

- (a) Indique la condición requerida para que se conserve el momento lineal de un sistema.
[1]

(b) Una persona situada sobre un estanque helado lanza una pelota. Tanto la resistencia del aire como el rozamiento pueden considerarse despreciables.

(i) Resuma cómo se aplican la tercera ley de Newton y la conservación del momento lineal cuando se lanza la pelota. [3]

(ii) Haciendo referencia a la segunda ley de Newton, explique por qué el momento lineal horizontal de la pelota permanece constante mientras la pelota se encuentra en vuelo. [2]

(c) La máxima potencia útil que proporciona el motor de una locomotora es de 0,75 MW. La rapidez máxima de la locomotora cuando se mueve a lo largo de una vía rectilínea y horizontal es de 44 m s^{-1} . Calcule la fuerza de rozamiento que actúa sobre la locomotora moviéndose con esa rapidez. [2]

(d) La locomotora de (c) golpea fuertemente a un vagón X de modo que X se mueve en una vía horizontal y choca con un vagón estacionario Y. Como resultado del choque, los dos vagones se mueven conjuntamente con rapidez v . Se dispone de los siguientes datos.

Masa del vagón X $= 3,7 \times 10^3 \text{ kg}$

Masa del vagón Y $= 6,3 \times 10^3 \text{ kg}$

Rapidez de X justo antes del choque $= 4,0 \text{ ms}^{-1}$

(i) Calcule v . [2]

(ii) Determine la energía cinética perdida como consecuencia del choque. [2]

(e) Los vagones X e Y llegan al reposo después de recorrer una distancia de 40m a lo largo de una vía horizontal. Determine la fuerza de rozamiento media que actúa sobre X e Y. [3]

6. Part 1 Newton's laws and momentum

(a) the net (external) force acting on the system is zero / no force acting on system / system is isolated; [1]

(b) (i) no external force/system is isolated so change } (do not accept momentum in momentum is zero; } is conserved/constant)
force on ball must be equal and opposite to force on the person;
so ball and person/Earth/pond move in opposite directions; [3]

(ii) Newton's second law states that the rate of change of momentum is equal/proportional/directly proportional to the force acting;
the horizontal force acting on the ball is zero therefore the momentum must be constant/the rate of change of momentum is zero; [2]

or

Newton's second law can be expressed as the force acting is equal to the product of mass and acceleration;
the horizontal force acting on the ball is zero therefore the acceleration is zero so velocity is constant (and therefore momentum is constant);

(c) $F = \frac{P}{v}$ or $\frac{0,75 \times 10^6}{44}$;
17 kN; [2]

(d) (i) $3,7 \times 4,0 = 10 \times v$;
 $v = 1,5 \text{ ms}^{-1}$; [2]

(ii) KE lost $= \frac{1}{2} [3,7 \times 10^3 \times 4,0^2] - \frac{1}{2} [10 \times 10^3 \times 1,5^2]$;
 $= 18 \text{ kJ}$; [2]

(e) initial KE $= \left(\frac{1}{2} [10 \times 10^3 \times 1,5^2] \right) = 11250 \text{ J}$;
friction $= \frac{11250}{40}$;
 $= 280 \text{ N}$; [3]

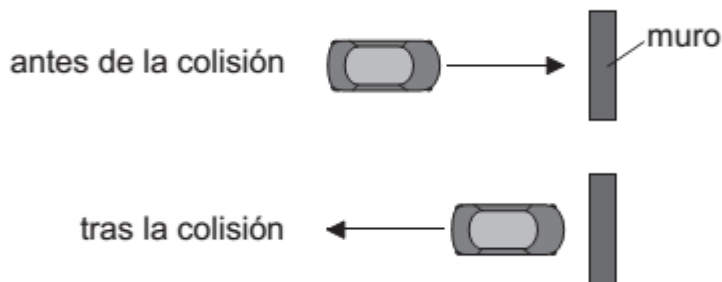
or

use of kinematic equation to give $a = 0,274 \text{ ms}^{-1}$;
use of $F (= ma) = 10 \times 10^3 a$;
270/280 N;

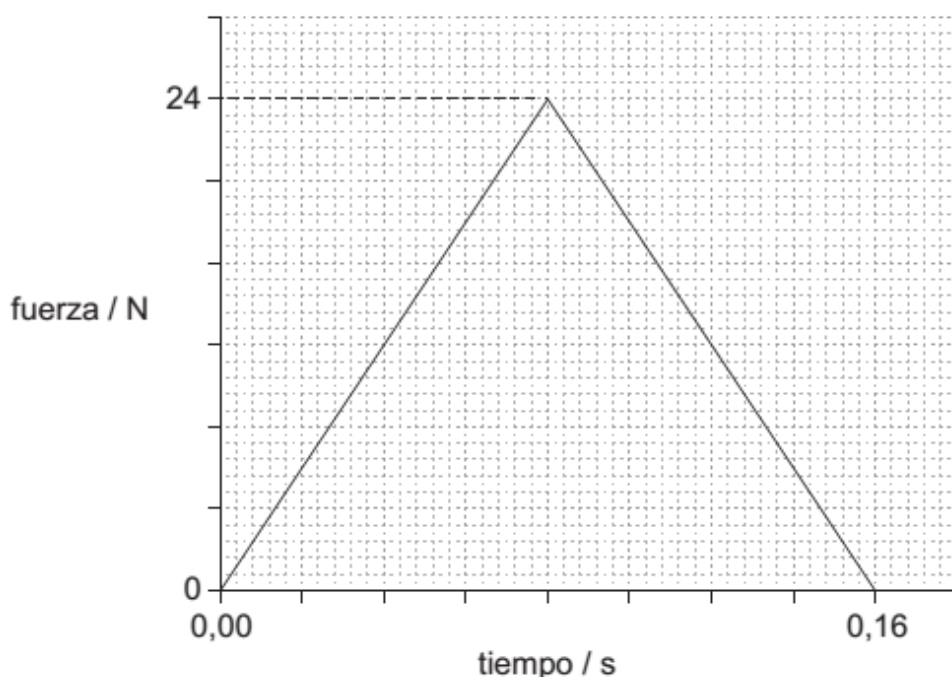
15. Momento

(a) Indique la ley de conservación del momento lineal. [2]

(b) Un coche de juguete colisiona contra un muro y rebota formando ángulo recto con el muro, como se muestra en la vista en planta.

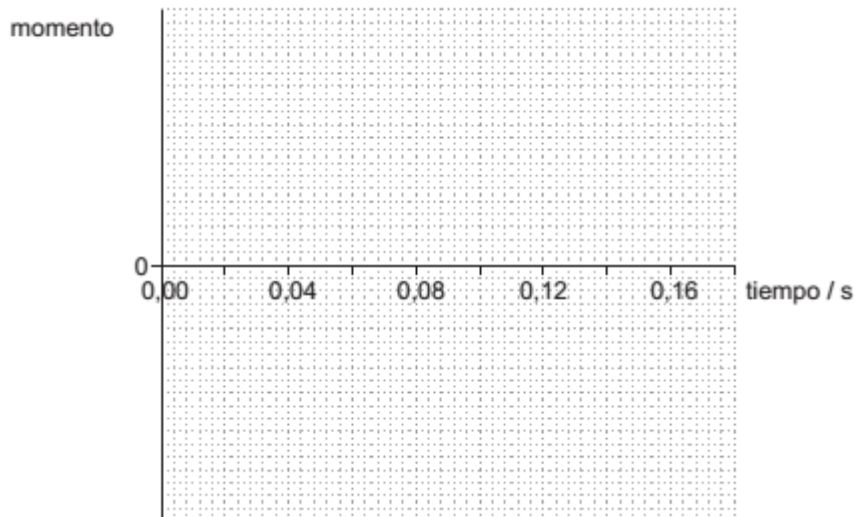


La gráfica muestra la variación con el tiempo de la fuerza que actúa sobre el coche debida al muro durante la colisión.



La energía cinética del coche permanece inalterada tras la colisión. La masa del coche es de 0,80 kg.

- Determine el momento inicial del coche. [3]
- Estime la aceleración media del coche antes de rebotar. [3]
- Sobre los ejes, dibuje una gráfica que muestre cómo varía el momento del coche durante el impacto. No se exige que dé valores en el eje y. [3]



(c) Se dejan caer dos coches de juguete idénticos, A y B, desde una misma altura sobre un piso sólido sin que reboten. El coche A no tiene protección, mientras que el coche B está dentro de una caja con embalaje de protección alrededor del juguete. Explique por qué es menos probable que el coche B resulte dañado al caer. [4]

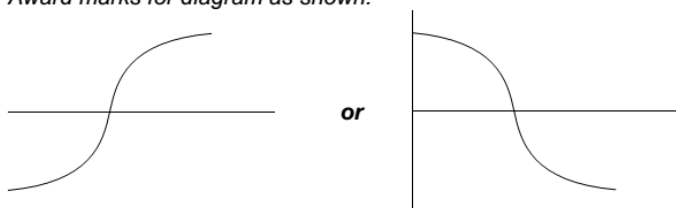
6. Part 1 Momentum

- (a) total momentum does not change/is constant; *(do not allow "momentum is conserved")*
provided external force is zero / no external forces / isolated system; [2]

- (b) (i) clear attempt to calculate area under graph;
initial momentum is half change in momentum;
 $(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 24 \times 0.16) = 0.96 \text{ (kg m s}^{-1}\text{)}$; [3]
Award [2 max] for calculation of total change (1.92 kg m s⁻¹)

- (ii) initial speed = $\left(\frac{0.96}{0.8}\right) = 1.2 \text{ m s}^{-1}$;
 $a = \frac{1.2 - (-1.2)}{0.16}$ **or** $a = \frac{-1.2 - 1.2}{0.16}$;
 $-15 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$; *(must see negative sign or a comment that this is a deceleration)* [3]
or
average force = 12 N;
uses $F = 0.8 \times a$;
 $-15 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$; *(must see negative sign or a comment that this is a deceleration)*
Award [3] for a bald correct answer.
Other solution methods involving different kinematic equations are possible.

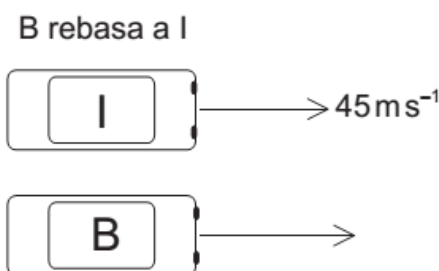
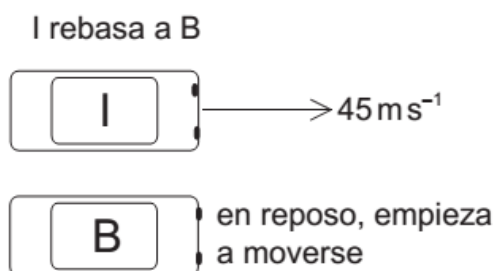
- (iii) goes through $t = 0.08 \text{ s}$ **and** from negative momentum to positive / positive momentum to negative;
constant sign of gradient throughout;
curve as shown; [3]
Award marks for diagram as shown.



- (c) impulse is the same/similar in both cases / momentum change is same;
impulse is force \times time / force is rate of change of momentum;
time to come to rest is longer for car B;
force experienced by car B is less (so less likely to be damaged); [4]

16. Cinemática y leyes de Newton del movimiento

Los coches I y B están sobre una pista de carreras rectilínea. I se está moviendo con rapidez constante de 45 ms^{-1} y B está inicialmente en reposo. Cuando I rebasa a B, B comienza a moverse con aceleración de $3,2 \text{ ms}^{-2}$.



Con posterioridad, B rebasa a I. Se puede suponer que ambos coches son partículas puntuales.

- (a) (i) Demuestre que el tiempo que tarda B en rebasar a I es aproximadamente 28 s. [4]
(ii) Calcule la distancia recorrida por B durante ese tiempo. [2]

- (b) B se frena mientras que I permanece con rapidez constante. El conductor de cada coche lleva un cinturón de seguridad. Utilizando las leyes de Newton del movimiento, explique la diferencia en la tensión del cinturón de seguridad de los dos coches. [3]
- (c) Un tercer coche O con masa 930 kg se une a la carrera. O choca con I desde atrás, moviéndose a lo largo de la misma recta que I. Antes del choque, la rapidez de I es de 45 ms^{-1} y su masa es de 850 kg. Después del choque, I y O permanecen juntos y se mueven en línea recta con una rapidez inicial combinada de 52 ms^{-1} .
- (i) Calcule la rapidez de O inmediatamente antes del choque. [2]
- (ii) La duración del choque es de 0,45 s. Determine la fuerza media que actúa sobre O. [2]

6. Part 1 Kinematics and Newton's laws of motion.

- (a) (i) distances itemized; (*meaning must be clear*)
distances equated;

$$t = \frac{2v}{a} \text{ / cancel and re-arrange;}$$

$$\text{substitution } \left(\frac{2 \times 45}{3.2} \right) \text{ shown / 28.1s seen;}$$

[4]

or

clear written statement that the average speed of B must be the same as constant speed of I;

as B starts from rest the final speed must be 2×45 ;

$$\text{so } t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{90}{3.2};$$

28.1 s seen; (*for this alternative the method must be clearly described*)

or

attempts to compare distance travelled by I and B for 28 s;

I distance = $(45 \times 28 =) 1260 \text{ m}$;

B distance = $(\frac{1}{2} \times 3.2 \times 28^2 =) 1255 \text{ m}$;

deduces that overtake must occur about $\left(\frac{5}{45} = \right) 0.1 \text{ s}$ later;

- (ii) use of appropriate equation of motion;
($1.26 \approx$) 1.3 km;

[2]

- (b) driver I moves at constant speed so no net (extra) force according to Newton 1;
driver B decelerating so (extra) force (to rear of car) (according to Newton 1) /
momentum/inertia change so (extra) force must be present;
(hence) greater tension in belt B than belt I;
Award [0] for stating that tension is less in the decelerating car (B).

[3]

- (c) (i) $930 \times v + 850 \times 45 = 1780 \times 52$ **or** statement that momentum is conserved;
 $v = 58 \text{ m s}^{-1}$;

[2]

- (ii) use of force = $\frac{\text{change of momentum}}{\text{time}}$ (or any variant, eg: $\frac{930 \times 6.4}{0.45}$);

$$13.2 \times 10^3 \text{ N}; \left. \vphantom{\frac{930 \times 6.4}{0.45}} \right\} \text{ (must see matched units and value ie: } 13\,200 \text{ without unit gains MP2, } 13.2 \text{ does not)}$$

[2]

Allow use of 58 m s^{-1} from (c)(i) to give 12 400 N.