

## Topic 2: Mechanics

## Formative Assessment

### PROBLEM SET

NAME: \_\_\_\_\_ TEAM: \_\_\_\_\_

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

- Discutir la conservación de la energía total dentro de las transformaciones de energía.
- Dibujar aproximadamente e interpretar los gráficos de fuerza-distancia
- Determinar el trabajo efectuado, incluidos los casos en los que actúa una fuerza de resistencia
- Resolver problemas de potencia
- Describir cuantitativamente el rendimiento en las transferencias de energía

### Topic 2.3 – Work, Energy and Power -Paper 1.

1. Se lanza en vertical hacia abajo un objeto de masa 2 kg con energía cinética inicial de 100 J. ¿Cuál será la distancia recorrida por el objeto en el instante en que su energía cinética se haya duplicado?

- A. 2,5 m      B. **5,0 m**      C. 10 m      D. 14 m

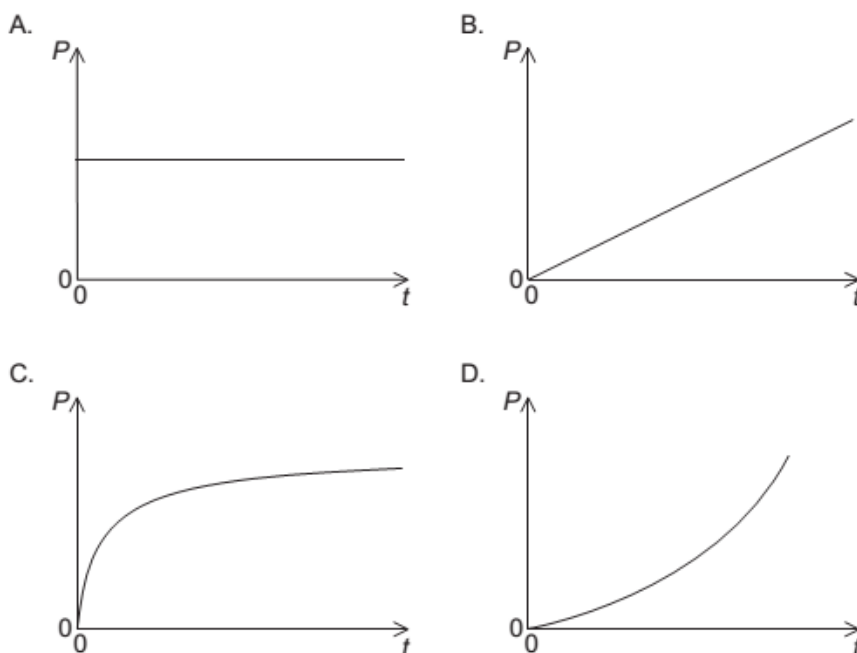
2. Un alumno cuyo peso es de 600 N sube por una escalera vertical de 6,0 m de altura en un tiempo de 8,0 s. ¿Cuál será la potencia desarrollada en contra de la gravedad por el alumno?

- A. 22 W      B. 45 W      C. 220 W      D. **450 W**

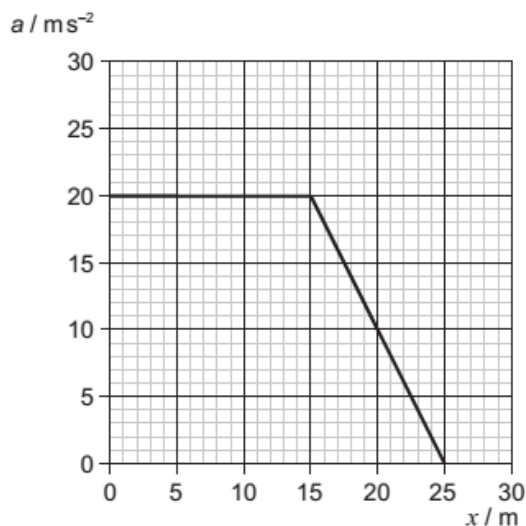
3. Una pelota de masa  $m$  se desplaza en horizontal con rapidez  $u$ . La pelota choca con una pared vertical y rebota en sentido opuesto con rapidez  $v < u$ . La duración de la colisión es  $T$ . ¿Cuáles serán la magnitud (módulo) de la fuerza media ejercida por la pared sobre la pelota y la pérdida de energía cinética de la pelota?

	Fuerza media	Pérdida de energía cinética
A.	$\frac{m(u + v)}{T}$	$\frac{m(u^2 - v^2)}{2}$
B.	$\frac{m(u + v)}{T}$	$\frac{m(u - v)^2}{2}$
C.	$\frac{m(u - v)}{T}$	$\frac{m(u^2 - v^2)}{2}$
D.	$\frac{m(u - v)}{T}$	$\frac{m(u - v)^2}{2}$

4. Un tren sobre una vía horizontal recta se desplaza desde el reposo a aceleración constante. Las fuerzas horizontales sobre el tren son la fuerza del motor y una fuerza de resistencia que aumenta con la rapidez. ¿Cuál de las gráficas representa la variación con el tiempo  $t$  de la potencia  $P$  desarrollada por el motor? **Rpta D**



5. En la gráfica se muestra cómo varía la aceleración  $a$  de un objeto frente a la distancia recorrida  $x$ .



La masa del objeto es 3,0 kg. ¿Cuál será el trabajo total efectuado sobre el objeto?

- A. 300 J      B. 400 J      C. **1200 J**      D. 1500 J

6. Una piedra cae a velocidad constante en vertical por un tubo lleno de aceite. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones sobre los cambios de energía de la piedra durante su movimiento son correctas?

- I. La ganancia en energía cinética es menor que la pérdida en energía potencial gravitatoria.
- II. La suma de las energías cinéticas y potencial gravitatoria de la piedra es constante.

III. El trabajo efectuado por la fuerza de gravedad tiene la misma magnitud que el trabajo efectuado por el rozamiento.

- A. Solo I Yii      B. Solo I Yiii      C. Solo II Yiii      D. I, II yIII

7. Un objeto rota describiendo una circunferencia horizontal al ser sometido a una fuerza centrípeta  $F$ . ¿Qué fuerza centrípeta actuará sobre el objeto si se duplica el radio de la circunferencia y se reduce a la mitad la energía cinética del objeto?

- A.  $\frac{F}{4}$       B.  $\frac{F}{2}$       C.  $F$       D.  $4F$

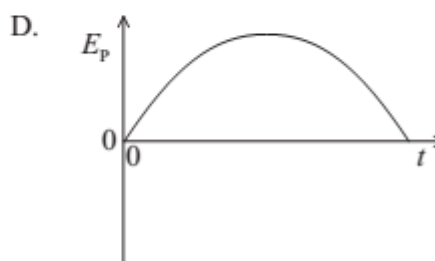
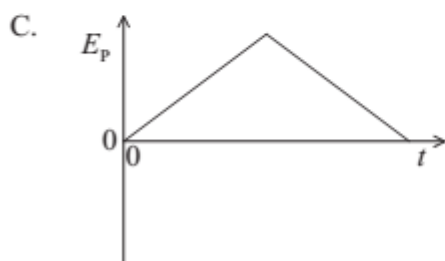
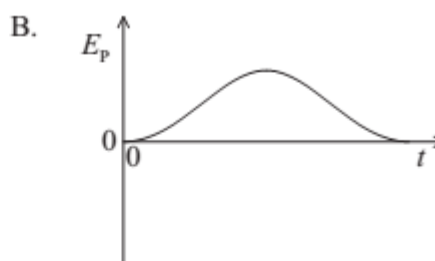
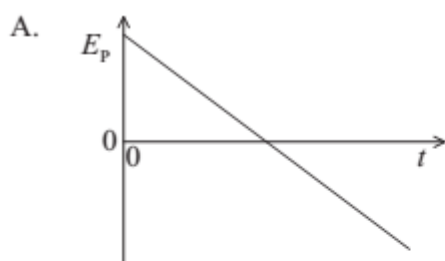
8. Una locomotora de masa  $m$  se mueve a lo largo de un riel horizontal con rapidez uniforme  $v$ . La fuerza de resistencia total que actúa sobre la locomotora es  $F$ .



¿Cuál de las siguientes opciones es la potencia de la locomotora?

- A.  $\frac{F}{mv}$       B.  $Fv$       C.  $\frac{mv}{F}$       D.  $\frac{v}{F}$

9. Se lanza una pelota en vertical hacia arriba dejándola caer. La resistencia del aire es despreciable. ¿Cuál de las siguientes gráficas muestra cómo varía la energía potencial gravitatoria,  $E_p$ , en función del tiempo  $t$ ? Rpt. D



10. Una bomba extrae agua de un pozo de profundidad  $h$  a un ritmo constante de  $R \text{ kgs}^{-1}$ . ¿Cuál será la potencia necesaria para elevar el agua?

- A.  $\frac{R}{gh}$       B.  $Rgh$       C.  $\frac{Rg}{h}$       D.  $\frac{hg}{h}$

11. El trabajo realizado sobre un objeto por una fuerza constante es igual

A. a la potencia desarrollada por la fuerza  $\times$  distancia recorrida por el objeto.

B. al módulo de la fuerza  $\times$  desplazamiento del objeto en la dirección de la fuerza.

C. al módulo de la fuerza  $\times$  distancia recorrida por el objeto.

D. a la potencia desarrollada por la fuerza  $\times$  desplazamiento del objeto en la dirección de la fuerza

12. un ascensor de masa  $m$  es elevado verticalmente con rapidez constante  $v$  durante un tiempo  $t$ . el trabajo realizado sobre el ascensor durante ese tiempo es.

A.  $mgv$

B.  $mgvt$

C.  $\frac{mgv}{t}$

D.  $\frac{mgt}{v}$

13. una fuerza de módulo  $F_1$  acelera a un cuerpo de masa  $m$  desde el reposo hasta una rapidez  $v$ . una fuerza de módulo  $F_2$  acelera a otro cuerpo de masa  $2m$  desde el reposo hasta una rapidez  $2v$ .

El cociente  $\frac{\text{trabajo realizado por } F_2}{\text{trabajo realizado por } F_1}$  es

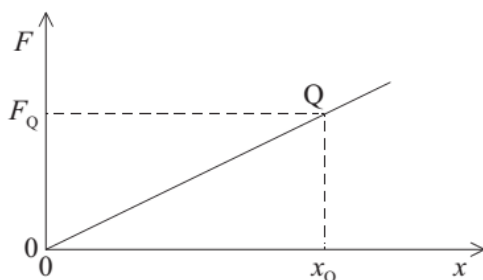
A. 2.

B. 4.

C. 8.

D. 16.

14. El gráfico siguiente muestra la variación con el desplazamiento  $x$  de la fuerza  $F$  que actúa sobre un objeto. La fuerza  $F$  actúa siempre en la misma dirección y sentido que el desplazamiento.



En el punto Q, el desplazamiento es  $x_Q$  y la fuerza es  $F_Q$ .

¿Cuál de las siguientes respuestas indica el trabajo efectuado por la fuerza sobre el cuerpo cuando el desplazamiento aumenta desde cero hasta  $x_Q$  y después vuelve a ser cero?

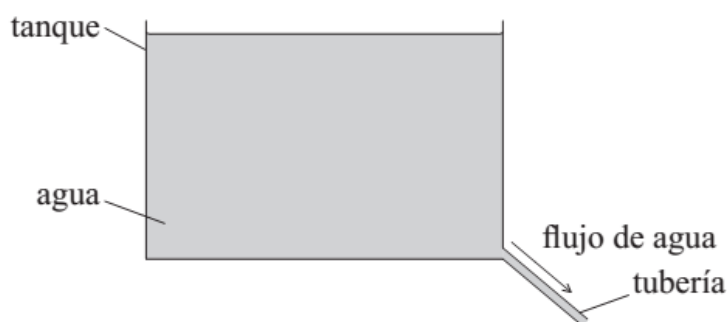
A. Cero

B.  $\frac{1}{2}F_Qx_Q$

C.  $F_Qx_Q$

D.  $2F_Qx_Q$

15. De un tanque sale agua hacia abajo por una tubería, tal como se muestra a continuación la tubería está siempre llena de agua.



¿Cuál de las siguientes respuestas indica el cambio en energía cinética y en energía potencial gravitatoria del agua cuando el agua fluye hacia abajo por la tubería? **Rpt. A**

	energía cinética	energía potencial gravitatoria
A.	constante	disminuye
B.	constante	aumenta
C.	aumenta	disminuye
D.	aumenta	aumenta

16. Sea un motor X más potente que otro motor Y.

¿Cuál de las siguientes respuestas refleja una comparación correcta de ambos motores?

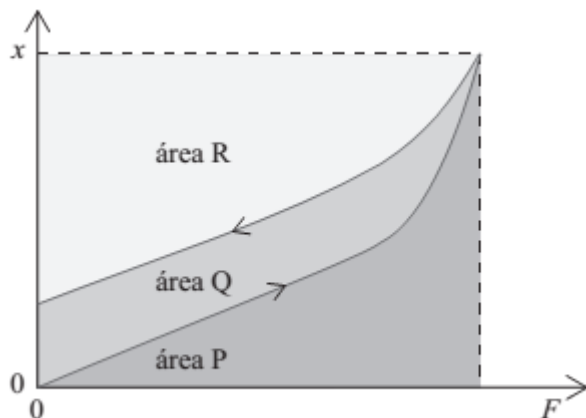
A. El motor X produce una fuerza mayor que el motor Y.

B. El motor X produce más energía útil que el motor Y.

**C. El motor X produce más energía útil por unidad de tiempo que el motor Y.**

D. El motor X produce más potencia durante más tiempo que el motor Y.

17. Una fuerza estira un cable que está fijo por un extremo. El valor de esta fuerza aumenta desde cero hasta un valor máximo para después volver a cero. La gráfica siguiente muestra la variación con la fuerza  $F$  de la extensión  $x$  del cable.



¿Qué área, o áreas, representa el trabajo neto efectuado por la fuerza sobre el cable?

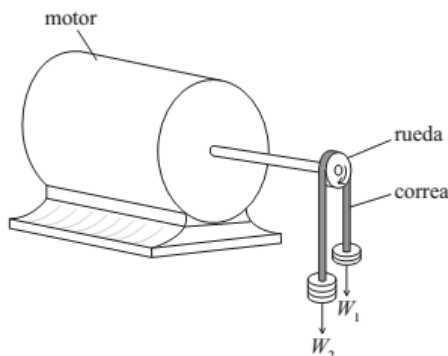
A. Área P

B. Área Q

C. Área R

**D. Área Q y R**

18. la potencia de salida de un motor eléctrico se determina utilizando el montaje mostrado a continuación.

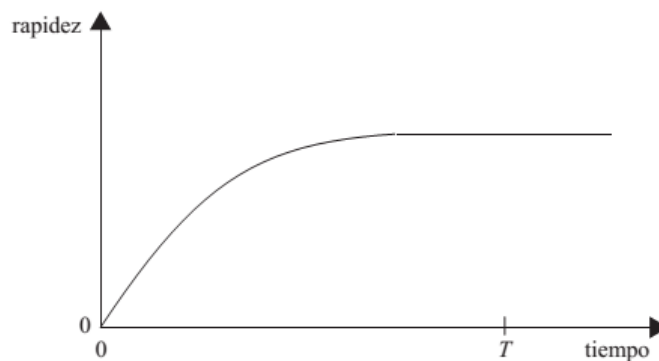


La correa tiene dos pesos  $W_1$  y  $W_2$ , unidos a sus extremos. La rueda tiene un perímetro  $S$ . cuando la rueda rota a  $R$  revoluciones por segundo, la correa está estacionaria.

¿Cuál de las siguientes es la expresión correcta de la potencia de salida del motor?

- A.  $W_1 \times SR$       B.  $W_2 \times SR$       C.  $(W_2 - W_1) \times SR$       D.  $(W_2 + W_1) \times SR$

19. La figura siguiente muestra la variación con el tiempo de la rapidez vertical de una bola que cae en el seno del aire.

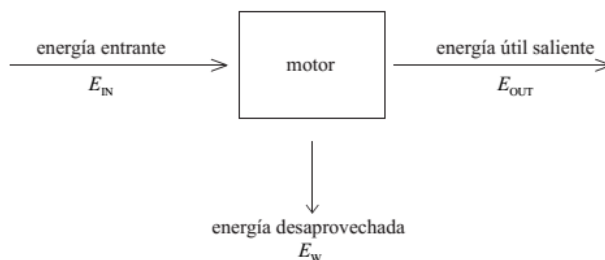


Entre los instantes 0 y  $T$ , la bola gana energía cinética y pierde energía potencial gravitatoria  $\Delta E_p$ .

¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- A.  $\Delta E_p$  es igual a la ganancia de energía cinética.  
**B.  $\Delta E_p$  es mayor que la ganancia de energía cinética.**  
 C.  $\Delta E_p$  es igual al trabajo realizado contra la resistencia del aire.  
 D.  $\Delta E_p$  es menor que el trabajo realizado contra la resistencia del aire.

20. El diagrama siguiente representa las transferencias de energía en un motor.



El rendimiento del motor está dado por la expresión

- A.  $\frac{E_W}{E_{IN}}$       B.  $\frac{E_W}{E_{OUT}}$       C.  $\frac{E_{OUT}}{E_{IN}}$       D.  $\frac{E_{OUT}}{E_W}$

21. ¿Cuál de las siguientes situaciones involucra un cambio en la energía total de los objetos?

- A. Un poco de hielo y agua, a medida que el hielo se derrite a temperatura constante.
- B. Un electrón acelerado por un campo magnético.
- C. Un satélite en órbita circular alrededor de la Tierra.
- D. Una piedra cayendo en el vacío hacia la superficie de la Tierra.

22. Un tren eléctrico desarrolla una potencia de 1,0 MW cuando se mueve a una velocidad constante de  $50 \text{ ms}^{-1}$ . La fuerza de resistencia neta que actúa sobre el tren será de

- A. 50 MN.
- B. 200 kN.
- C. 20 kN.
- D. 200 N.

23. Una piedra de masa  $m$  está unida a una cuerda y gira en una circunferencia horizontal de radio  $R$  con rapidez constante  $V$ . El trabajo efectuado por la fuerza que la cuerda ejerce sobre la piedra, en una vuelta completa será.

- A. cero
- B.  $2\pi mV^2$
- C.  $\frac{2\pi mV^2}{R}$
- D.  $\frac{2\pi mV}{R}$

24. Un objeto de masa  $m_1$  tiene una energía cinética  $K_1$ . Otro objeto de masa  $m_2$  tiene una energía cinética  $K_2$ . Si el momento lineal de ambos objetos es el mismo, la razón  $\frac{K_1}{K_2}$  es igual a.

- A.  $\frac{m_2}{m_1}$
- B.  $\frac{m_1}{m_2}$
- C.  $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$
- D.  $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$

25. ¿Cuál de las siguientes es una unidad de energía?

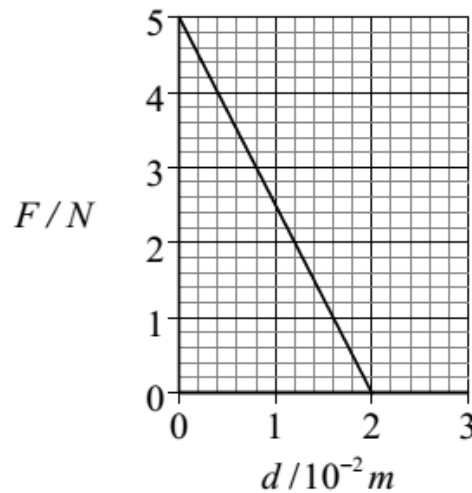
- A. eV
- B.  $\text{Ws}^{-1}$
- C.  $\text{Wm}^{-1}$
- D.  $\text{Nms}^{-1}$

26. Un cohete se dispara en vertical y explota al llegar a su punto más alto. ¿Cuál de los siguientes describe lo que le ocurre a su momento lineal total y a su energía cinética total como consecuencia de la explosión? **Rpt. A**

	Momento lineal total	Energía cinética total
A.	inalterado	aumenta
B.	inalterado	inalterada
C.	aumenta	aumenta
D.	aumenta	inalterada



27. El gráfico que sigue muestra cómo varía con el desplazamiento  $d$  la fuerza  $F$  que aplica un resorte sobre un carrito.



El trabajo que realiza la fuerza para mover el carrito una distancia de 2 cm es

- A.  $10 \times 10^{-2} J$ .      B.  $7 \times 10^{-2} J$ .      C.  $5 \times 10^{-2} J$ .      D.  $2,5 \times 10^{-2} J$ .

28. Un bloque que parte del reposo desliza hacia abajo de una rampa lisa situada sobre un suelo horizontal rugoso, donde acaba deteniéndose.



¿Cuál de las siguientes es la mejor representación de los cambios de energía que tienen lugar?

- A. Potencial  $\rightarrow$  cinética  $\rightarrow$  potencial      B. Cinética  $\rightarrow$  potencial  $\rightarrow$  térmica  
C. Potencial  $\rightarrow$  térmica  $\rightarrow$  cinética      D. Potencial  $\rightarrow$  cinética  $\rightarrow$  térmica

29. Cuando un coche se mueve a una velocidad  $v$  en línea recta, la fuerza total que se opone a su movimiento es  $F$ . El producto  $F \cdot v$  es una medida de

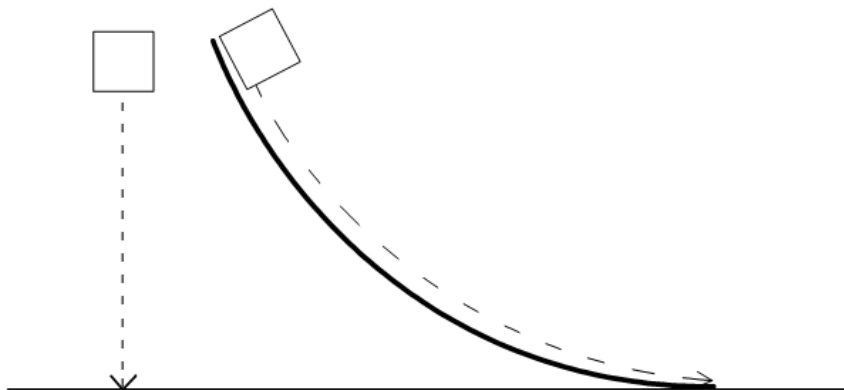
- A. la potencia desarrollada por el coche.  
B. la tasa de variación de la cantidad de movimiento del coche.  
C. el trabajo realizado por el coche contra las fuerzas de rozamiento.  
D. la tasa de variación de la energía cinética del coche.

30. Una partícula se mueve en una trayectoria circular de radio  $r$ . El módulo de la fuerza que actúa sobre la partícula es  $F$ . El trabajo realizado por la fuerza en una órbita completa de la partícula es.

- A.  $2\pi Fr$ .      B.  $\frac{F}{2\pi}$ .      C.  $\frac{2\pi}{F}$       D. cero.



30. Mm Al mismo tiempo que se deja caer un objeto al suelo, otro objeto idéntico se deja caer por una pendiente, también hasta el suelo, como indica la figura. Los bloques parten del reposo y desde la misma altura, y el rozamiento puede considerarse despreciable.



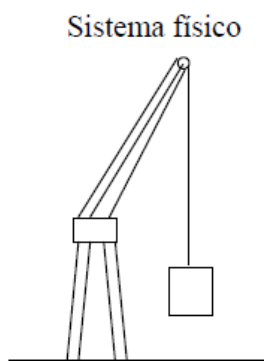
¿Cuál de las que siguen es verdad acerca de las rapidezces comparativas de los objetos cuando estos llegan al suelo y de los tiempos que tardan en hacerlo?

- | Rapidez              | Tiempos        |
|----------------------|----------------|
| A. Iguales           | Iguales        |
| <b>B. Diferentes</b> | <b>Iguales</b> |
| C. Iguales           | Diferentes     |
| D. Diferentes        | Diferentes     |

## Topic 2.3 – Work, Energy and Power - Paper 2.

### 1. Levantamiento de un contenedor

Un contenedor de 2000 kg de masa se iza por una grúa accionada eléctricamente como se indica en la Figura 1, con el fin de cargarlo a un barco. Inicialmente el contenedor es acelerado hacia arriba brevemente, después de lo cual se iza a una velocidad constante.



**Figura 1**

Diagrama de cuerpo libre



Acelerando hacia arriba

**Figura 2**

Diagrama de cuerpo libre



Moviéndose hacia arriba a velocidad constante

**Figura 3**

(a) En las Figuras 2 y 3 arriba, dibujar los diagramas de fuerza de cuerpo libre indicando e identificando las fuerzas que actúan sobre el contenedor durante las etapas de

aceleración y de velocidad constante. Utilizar vectores más largos para fuerzas mayores. Indicar cuál es el objeto que ejerce cada fuerza. [3]

(b) El límite de seguridad para la tensión en el cable es 25 000 N. Determinar el máximo permisible de la aceleración hacia arriba del contenedor si no debe excederse el límite. [2]

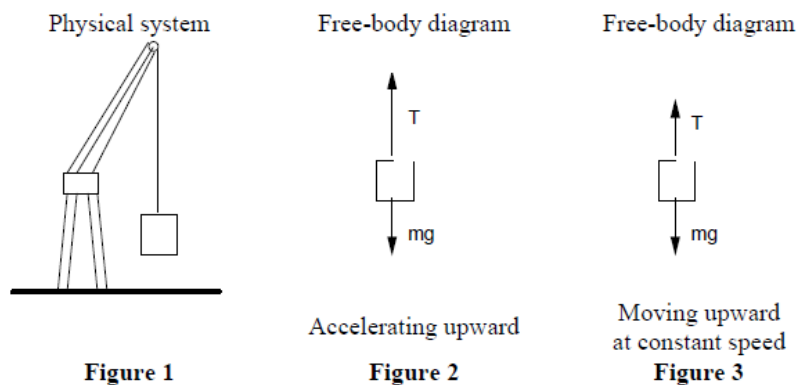
(c) Después de la aceleración inicial, la grúa sigue elevando el contenedor a una velocidad constante hacia arriba de  $0,5 \text{ ms}^{-1}$ .

(i) Calcular la potencia de salida de la grúa durante esta etapa. [2]

(ii) El motor eléctrico de la grúa funciona a 400 V. Suponiendo que no haya pérdidas de potencia, calcular la corriente que pasa por el motor durante la elevación. [1]

(iii) Finalmente el contenedor alcanza una altura suficiente para ser cargado en el barco. ¿Qué ha sucedido con la energía eléctrica suministrada al motor? [2]

A2. (a)



Upward force  $T$  exerted by cable or “crane”. Downward force  $mg$  exerted by “earth”.

(Award marks as follows:

[1] for unequal forces in Figure 2;

[1] for equal forces in Figure 3;

[1] for naming objects exerting the forces.)

[3]

(b) Net  $F = ma$   
 $25\,000 - 20\,000 = 2000 a$  [1]

$$a = \frac{5000}{2000} = 2.5 \text{ ms}^{-2}$$

[1]

[2]

continued...

- (c) (i)  $W = F \times d$   
so  $P = F \times v$  [1]  
 $= 20\,000 \times 0,5 = 10\,000 \text{ J s}^{-1}$  [2]
- (ii)  $P = IV$   
 $I = \frac{P}{V}$  [1]  
 $= \frac{10\,000}{400} = 25 \text{ A}$  [2]
- (iii) Gone into (gravitational) potential energy (of the container). [1]

## 2. Fuerza y energías

(a). Consideremos un sistema consistente en una bicicleta y un ciclista moviéndose con velocidad constante a lo largo de una carretera horizontal.



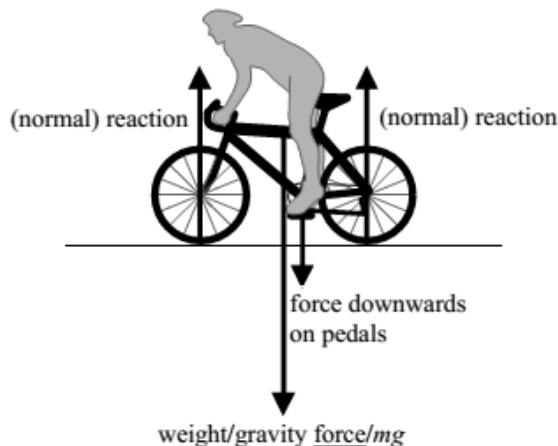
- (i). Indique el valor de la fuerza neta que actúa sobre el ciclista. [1]  
(ii). Sobre el diagrama, dibuje flechas rotuladas para representar las fuerzas verticales que actúan sobre la bicicleta. [2]  
(iii). Haciendo referencia a las fuerzas horizontales que actúan sobre el sistema, explique por qué el sistema está moviéndose con velocidad constante. [2]  
(a). La resultante de las fuerzas de resistencia que actúan sobre el sistema es 40N y la rapidez del sistema es  $8,0 \text{ ms}^{-1}$ . Calcule la potencia útil desarrollada por el ciclista. [1]  
(b). El ciclista deja de pedalear y el sistema llega al reposo. La masa total del sistema es de 70 kg.  
(i). Calcule el módulo de la aceleración inicial del sistema. [2]  
(ii). Estime la distancia que recorre el sistema hasta llegar al reposo, desde el momento en que el ciclista deja de pedalear. [2]  
(iii). Indique y explique una razón por la que su respuesta a (c)(ii) es solamente una estimación. [2]

**Part 2 Force and energies**

(a) (i) zero;

[1]

(ii)



correct position and labelling of:

weight/gravity force/mg;

two reactions drawn as shown;

force downwards on pedals;

Ignore any other vertical forces and all horizontal forces. The total upward vector lengths should approximately equal the downward vector lengths.

[2 max]

(iii) drag force = thrust/forward force/driving force;  
net force = zero therefore acceleration is zero;

[2]

(b) 320 W;

[1]

(c) (i)  $\text{acceleration} = \left[ \frac{40}{70} \right];$   
 $= 0.57 \text{ m s}^{-2};$

[2]

(ii) use of  $F\Delta s = \frac{1}{2}mv^2$ ;  
56 m;

[2]

or

$v^2 = u^2 + 2as$  equivalent seen and substituted correctly;  
56 m;

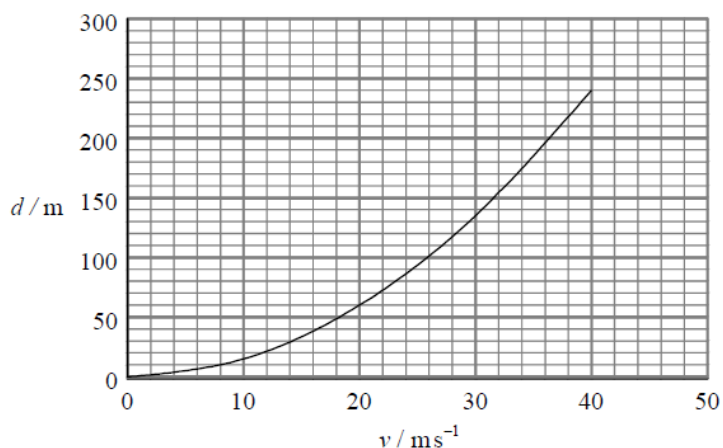
(iii) sensible physical reason e.g. air resistance / bearing friction/brakes' effectiveness varies with speed;  
attempt at explanation:  
e.g. air resistance drops as speed drops, underestimate / distance travelled will be further;

[2]

3. Esta pregunta trata de la distancia de frenado de un vehículo y de la potencia desarrollada por su motor.

La distancia mínima de frenado es la más corta que un vehículo recorre sin patinar desde el momento en el que se pisa el freno hasta el momento en el que el vehículo queda estacionario.

El gráfico que sigue muestra cómo la distancia mínima de frenado  $d$  varía con la velocidad inicial  $v$  de un vehículo que se desplaza por una carretera recta y en horizontal.



(a). Eligiendo dos puntos de datos muestre que el gráfico sugiere que la distancia mínima de frenado depende del cuadrado de la velocidad inicial. [4]

(b). Explique por qué, si la fuerza del frenado es constante, cabe esperar, teóricamente, que la distancia de frenado dependa del cuadrado de la velocidad. [3]

(c). El vehículo tiene una masa de 1.500 kg y se mueve con una velocidad inicial de 20  $\text{ms}^{-1}$  cuando se aplican los frenos. Calcule

(i). El tiempo que tarda el vehículo en quedar estacionario. [3]

(ii). La fuerza media de frenado que se ejerce sobre el vehículo. [3]

(d). La distancia de parada de un vehículo es la distancia que éste recorre desde el momento que el conductor decide pisar el freno hasta que dicho vehículo queda estacionario. La distancia de parada es mayor que la distancia mínima de frenado. Explique por qué piensa usted que es así. [2]

(e). Haciendo uso de los mismos ejes del gráfico proporcionado al principio de la pregunta bosqueje un gráfico para mostrar cómo la distancia de parada varía con la velocidad inicial. [3]

Explique la forma del gráfico que acaba de trazar.

(f). Si el vehículo se desplazara cuesta abajo ¿piensa usted que la distancia mínima de frenado, correspondiente a una velocidad inicial dada, sería mayor o menor que la distancia de frenado en una superficie a nivel y con las mismas condiciones en la carretera? Explique su razonamiento.

La siguiente parte de la pregunta trata de la potencia desarrollada por el motor del vehículo. [2]

(g). Al desplazarse a una velocidad constante de 40  $\text{ms}^{-1}$  el vehículo consume un litro de combustible cada 12 km. ¿Cuál es el régimen de consumo del combustible? [2]

(h). La combustión de 1 litro de combustible libera 35 MJ de energía y a una velocidad del motor del vehículo trabaja con un rendimiento del 25 %. ¿Qué potencia produce 40  $\text{ms}^{-1}$  el motor del vehículo a esta velocidad? [1]

(i) Utilice su respuesta de (h) para estimar la fuerza media de arrastre que se ejerce sobre el vehículo cuando se desplaza a una velocidad constante de 40  $\text{ms}^{-1}$

- B3. (a)** let  $d = kv^2$ ; [1]  
choose  $v = 20$ ,  $d = 60$  to give  $k = 0.15$ ; [1]  
choose  $v = 30$ ,  $d = 135$  to give  $k = 0.15$ ; [1]  
since  $k$  is the same  $d$  is proportional to  $v^2$ ; [1]  
(i.e. they should show that they understand the proportionality and then use **two**  
points to verify this proportionality.)

[4 max]

- (b) candidates could use a KE – work done argument or kinematic argument

e.g.  $\Delta(\text{KE}) = \frac{1}{2}mv^2 = Fd$ ; [1]

where  $F$  is the braking force; [1]

if the braking force  $F$  is constant then  $d \propto v^2$ ; [1]

**or**

if  $F$  is constant than  $a$  is constant; [1]

so  $v^2 = u^2 + 2ad$ ; [1]

$v = 0$  therefore  $d \propto u^2$ ; [1]

[3 max]

- (c) (i) from the graph  $d = 60$  m; [1]  
average speed =  $10 \text{ m s}^{-1}$ ; [1]  
 $t = \frac{60}{10} = 6.0 \text{ s}$ ; [1]

**or**

from the graph  $d=60$  m; [1]

use  $v^2 = u^2 + 2ad$  to give  $a = 3.3 \text{ m s}^{-2}$ ; [1]

use  $v = u + at$  to give  $t = 6.1 \text{ s}$  (6.0 s); [1]

[3 max]

- (ii) use  $v^2 = u^2 + 2ad$  to find  $a$ ; [1]  
to give  $a = 3.3 \text{ m s}^{-2}$ ; [1]  
use  $F = ma$  to give  $F = 5000 \text{ N}$ ; [1]

If they have calculated  $a$  in (i) then this is easier for them!

**or**

use  $Fd = \frac{1}{2}mv^2$ ; [1]

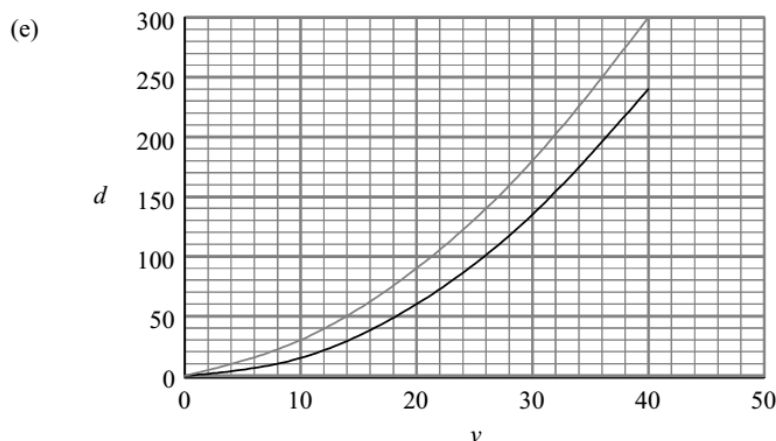
$= \frac{1}{2}(1500) \times (20)^2$ ; [1]

to give  $F = 5000 \text{ N}$ ; [1]

[3 max]

- (d) reaction time or thinking time; [1]  
 explanation of what this is; [1]  
 (i.e. something like 'when a driver sees an incident that causes him to brake it takes some time before he reacts' receives [2] but just 'reaction time' receives [1])

[2 max]



- rough correct shape; [1]  
 explanation: reaction time is constant; [1]  
 therefore each point on the braking distance graph will be increased by an amount proportional to the speed; [1]  
 OWTTE

[3 max]

- (f) greater; [1]  
 there is now a component of weight acting against the braking force; [1]

[2 max]

- (g) time to travel 12 km =  $\frac{12000}{40} = 300$  s; [1]  
 therefore rate at which fuel is used =  $0.0033 \text{ l s}^{-1}$ ; [1]

[2 max]

- (h) energy released per second by the fuel =  $35 \times 10^6 \times 0.0033$   
 $= 1.2 \times 10^5 \text{ W}$ ; [1]

25 % of this =  $3 \times 10^4$ ;  
 therefore power output = 30 kW;

[1]  
 [2 max]

- (i) drag force =  $\frac{P}{v} = 7.5 \times 10^2 \text{ N}$

[1 max]

## 4. Cinemática

(a) Indique el principio de conservación de la energía. [1]

(b) Un avión que parte del reposo acelera a lo largo de una pista recta horizontal y posteriormente despegue. Discuta cómo se aplica el principio de conservación de la energía a los cambios energéticos que tienen lugar mientras el avión está acelerando a lo largo de la pista. [3]

(c) La masa del avión es de  $8,0 \times 10^3 \text{ kg}$ .



(i) La fuerza media resultante sobre el avión, mientras se mueve a lo largo de la pista es 70kN. La rapidez del avión justo cuando despegue es  $75 \text{ m s}^{-1}$ . Estime la distancia recorrida a lo largo de la pista. [3]

(ii) El avión asciende hasta una altura de 1250 m. Calcule la energía potencial ganada durante la subida. [1]

Cuando se aproxima a su destino, el piloto coloca al avión en modo de espera. Ello significa que el avión vuela con una rapidez constante de  $90 \text{ ms}^{-1}$  en una circunferencia horizontal de radio 500 m, como muestra el diagrama siguiente.

(d) Para el avión en el modo de espera,

(i) calcule el módulo de la fuerza resultante sobre el avión. [2]

(ii) indique la dirección y sentido de la fuerza resultante. [1]

**B4. Part 2 Kinematics**

(a) appropriate statement of principle of conservation of energy;  
e.g. "Energy can not be created or destroyed, it just changes form." [1]

(b) knowledge that the aircraft starts with chemical energy (in the fuel) and ends with kinetic energy;  
realisation (seen or implied) that kinetic energy at end is less than chemical energy used up;  
appropriate use of the principle of conservation of energy to explain where the energy "difference" goes;  
e.g. some energy is lost as thermal energy and sound – escapes with exhaust gases / doing work against friction / OWTTE. [3]  
Look for precision in the answers "energy goes into friction" does not gain full credit.  
Answers that consider other parts of the aircraft's journey should be ignored.

(c) (i) substitution into minimum force =  $\mu R$ ;  
to get minimum force = 2720 N = 2.7 kN; [2]  
Award [1] for 272 N (forgetting g).

(ii) calculation of K.E. =  $\frac{1}{2} \times 8000 \times 75^2 = 2.25 \times 10^7 \text{ J}$ ;  
appropriate use of force  $\times$  distance = work done;  
to get 321.4 m  $\approx$  320 m;  
alternatives, of course, possible e.g.  
calculation of acceleration =  $\frac{F}{m} = 8.75 \text{ ms}^{-2}$ ;  
appropriate use of  $v^2 = u^2 + 2as$ ;  
to get 321.4 m  $\approx$  320 m; [3 max]  
Watch for ECF. Accept 321 m but remove significant digit mark if more quoted.

(d) (i) attempt at substitution into  $F = \frac{mv^2}{r}$   
 $= \frac{8000 \times 90^2}{500}$ ;  
 $= 129.6 \text{ kN} \approx 130 \text{ kN}$ ; [2]

(ii) in towards the centre of the circle; [1]

(e) (i) use of  $v^2 = 2gh$ ;  
to get vertical velocity =  $141 \text{ ms}^{-1}$ ;  
realisation that horizontal velocity =  $90 \text{ ms}^{-1}$ ;  
vector addition to get velocity =  $167 \approx 170 \text{ ms}^{-1}$ ;  
with direction of  $33^\circ$  to the vertical; [5]

(ii) direction will be more vertical / OWTTE; [1]

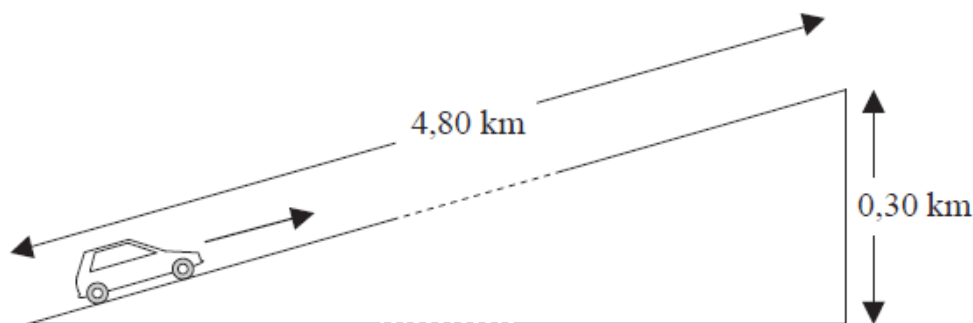
## 5. Potencia mecánica

(a) Defina *potencia*. [1]

(b) Un automóvil se desplaza con velocidad constante  $v$  a lo largo de una carretera recta y horizontal. Existe una fuerza de resistencia total  $F$  que actúa sobre el automóvil.

Deduzca que la potencia  $P$  para superar la fuerza  $F$  es  $P = Fv$ . [2]

(c) Un automóvil rueda cuesta arriba por una pendiente recta que tiene 4,80 km de largo. La altura total de la pendiente es de 0,30 km.



El automóvil sube por la pendiente a una velocidad estable de  $16 \text{ m s}^{-1}$ . Durante el ascenso, la fuerza de rozamiento media que actúa sobre el automóvil es de  $5,0 \times 10^2 \text{ N}$ . El peso total del automóvil y del conductor es de  $1,2 \times 10^4 \text{ N}$ .

(i) Determine el tiempo necesario para que el automóvil se desplace del extremo inferior al extremo superior de la pendiente. [2]

(ii) Determine el trabajo efectuado en contra de la fuerza gravitatoria al desplazarse del extremo inferior al extremo superior de la pendiente. [1]

(iii) Utilizando sus respuestas a (i) y (ii), calcule un valor para la mínima potencia de salida del motor del automóvil necesaria para mover el automóvil del extremo inferior al extremo superior de la pendiente. [4]

(iv) Indique una razón por la cual su respuesta a (iii) es sólo una estimación. [1]

**B1. Part 2 Mechanical power**

- (a) the rate of working / work ÷ time; [1]  
*If equation is given, then symbols must be defined.*

(b)  $P = \frac{W}{t} = \frac{F \times d}{t}$ ; [2]  
 $v = \frac{d}{t}$  therefore,  $P = Fv$ ;

(c) (i)  $t = \frac{d}{v}$ ; [2]  
 $= \frac{4800}{16} = 300 \text{ s}$ ;

(ii)  $W = mgh = 1.2 \times 10^4 \times 300 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ ; [1]

(iii) work done against friction =  $4.8 \times 10^3 \times 5.0 \times 10^2$ ;  
total work done =  $2.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^6$ ;  
total work done =  $P \times t = 6.0 \times 10^6$ ;  
to give  $P = \frac{6 \times 10^6}{300} = 20 \text{ kW}$ ; [4]

- (iv) the engine also has to overcome friction in the moving parts of the car /  
*OWTTE*; [1]

**6. Mecánica**

(a). Defina potencia. [1]

(b). Un coche se está moviendo sobre una carretera horizontal y rectilínea. Cuando la rapidez del coche es  $v$ , la potencia desarrollada por el motor del coche es  $P$ . La fuerza ejercida por el motor sobre el coche es  $F$ .

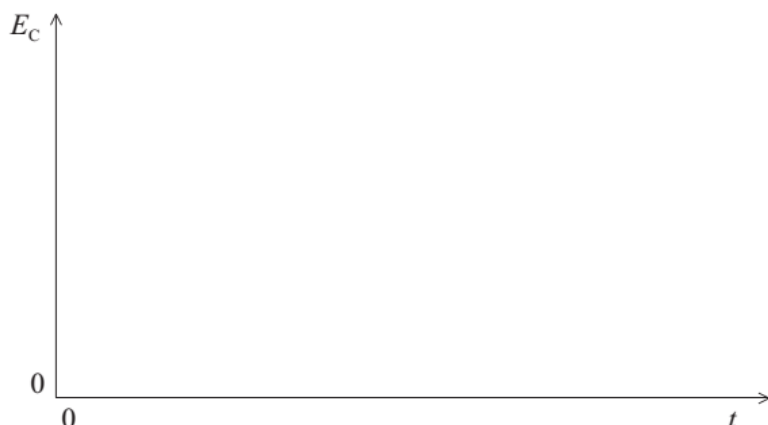
Deduzca que  $P = Fv$ . [2]

(c). Un coche de masa 1200 kg parte del reposo y se mueve sobre una carretera horizontal y rectilínea. El motor del coche desarrolla una potencia constante de 54 kW. Toda la energía generada en el motor se emplea en aumentar la energía cinética del coche. Calcule para el coche, en el instante  $t = 5,0 \text{ s}$

(i) La rapidez instantánea. [2]

(ii) La aceleración instantánea. [3]

(d). Sobre los ejes de más abajo, dibuje un esquema gráfico que muestre la variación con el tiempo  $t$ , de la energía cinética  $EC$  del coche de (c). (Se trata de un esquema gráfico y no es necesario añadir escalas en los ejes.) [2]



**Part 2** Mechanics

(a) the rate at which work is being performed / work (done) divided by time (taken); [1]

(b)  $W = F \Delta s$

$$P = \frac{W}{\Delta t};$$

$$= F \frac{\Delta s}{\Delta t};$$

$$= Fv$$

Accept word equation answer. [2]

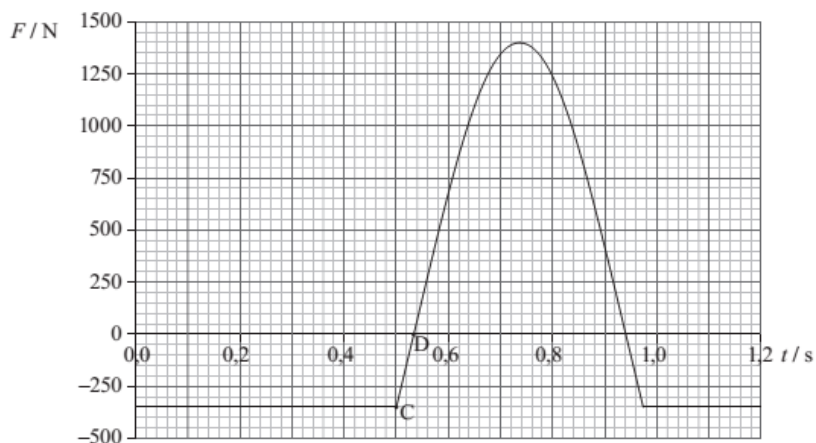
(c) (i) (energy supplied in 5.0 s =)  $54 \times 10^3 \times 5 (= 2.7 \times 10^5 \text{ J}) = \frac{1}{2} \times 1200 \times v^2$ ;  
giving  $v = 21 \text{ m s}^{-1}$ ; [2]

(ii)  $54 \times 10^3 = F \times 21$ ;  
 $54 \times 10^3 = 1200 \times a \times 21$ ;  
giving  $a = 2.1 \text{ m s}^{-2}$ ; [3]

(d) straight line;  
through origin; [2]

## 7. Mecánica

(a). Una chica cae, partiendo del reposo, sobre la superficie horizontal de una cama elástica. El gráfico siguiente muestra la variación con el tiempo  $t$ , de la fuerza neta  $F$  ejercida sobre la chica antes, durante y después de entrar en contacto con la cama elástica.



La chica entra por primera vez en contacto con la cama elástica en el punto C.

Utilice los datos del gráfico para calcular

- (i). La masa de la chica. [1]
  - (ii). La rapidez de la chica justamente antes de que caiga en la cama elástica. [2]
  - (iii). la altura inicial sobre la superficie de la cama elástica desde la que cae la chica. [2]
  - (iv). El módulo de la aceleración máxima de la chica durante el tiempo en que está en contacto con la cama elástica. [2]
- (b). La chica alcanza su máxima rapidez en el punto D, como se muestra en el gráfico. Para el intervalo de tiempo entre los puntos C y D
- (i). Explique por qué la rapidez de la chica está aumentando. [2]
  - (ii). Deduzca que el cambio en el momento lineal de la chica es aproximadamente de 5 Ns. [2]
  - (iii). Estime la rapidez máxima de la chica. [2]

**B2. Part 1 Mechanics**

(a) (i)  $\frac{350}{9.8} = 36 \text{ kg}$ ; (*accept 35 kg*) [1]

(ii) girl took 0.5 s to fall;  
so  $v = gt = (9.8 \times 0.5) = 4.9 \text{ ms}^{-1}$ ; (*accept 5.0 ms<sup>-1</sup>*) [2]

(iii)  $h = \frac{1}{2}gt^2$   
 $= \frac{1}{2}(9.8 \times 0.50^2)$ ;  
 $= 1.2 \text{ m}$ ; (*accept 1.3 m*) [2]

or

use of conservation of energy to get

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g};$$

$$h = \frac{4.9^2}{2 \times 9.8} = 1.2 \text{ m}; (\text{accept } 1.3 \text{ m})$$

(iv) maximum force on girl = 1400 N;  
so maximum acceleration =  $\frac{1400}{36} = 39 \text{ ms}^{-2}$ ; (*accept 40 ms<sup>-2</sup>*) [2]

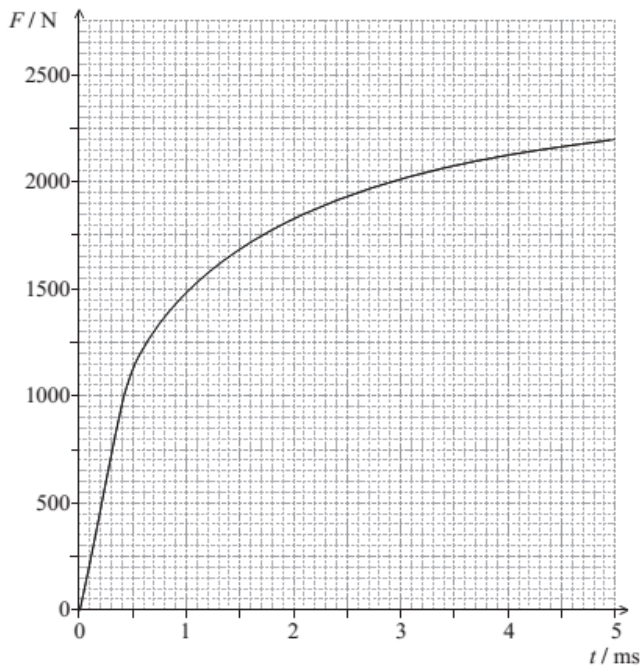
(b) (i) the net force is still in the downward direction / the trampoline force is less than the weight / the trampoline has not yet deflected enough to give rise to a force larger than the weight;  
and so the girl keeps accelerating downwards; [2]

(ii) the change in momentum = area under graph from point C to point D;  
 $= \frac{1}{2} \times 350 \times (0.53 - 0.50)$ ;  
 $\approx 5 \text{ N s}$  [2]

(iii)  $36 \times (v_{\max} - 4.9) = 5 \text{ N s}$ ;  
so  $v_{\max} = 5 \text{ ms}^{-1}$ ; [2]

## 8. Dinámica y energía

Se dispara una bala de 32g de masa desde un arma. La gráfica muestra la variación de la fuerza F sobre la bala en función del tiempo t mientras esta se desplaza a lo largo del cañón del arma.



Se dispara la bala en el instante  $t=0$  y la longitud del cañón es de 0,81 m.

- (a). Indiquey explique por qué no es apropiado utilizar la ecuación  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$  para calcular la aceleración de la bala. [2]
- (b). Utilice la gráfica para
  - (i). Determinar la aceleración media de la bala durante los últimos 2,0 ms de la gráfica. [2]
  - (ii). Demostrar que el cambio en el momento de la bala, cuando esta se desplaza a lo largo del cañón, es de aproximadamente 9 Ns. [3]
- (c). Utilice la respuesta en (b)(ii) para calcular la
  - (i). Velocidad de la bala al salir del cañón. [2]
  - (ii). Potencia media suministrada a la bala. [3]
- (d). Utilice la tercera ley de Newton para explicar por qué un arma sufre retroceso cuando se dispara una bala. [3]

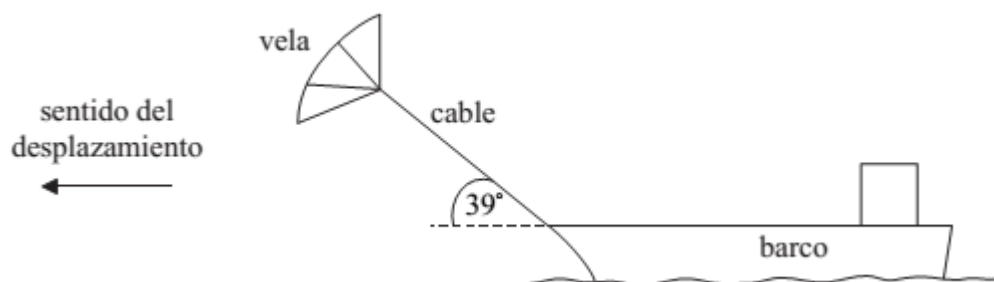


**B1. Part 1 Dynamics and energy**

- (a) equation is for constant acceleration;  
force varies and so acceleration changes; [2]
- (b) (i) average force = 2100 N;  
acceleration =  $\left(\frac{2100}{0.0320}\right) = 6.6 \times 10^4 \text{ ms}^{-2}$ ; [2]
- (ii) uses area under the line;  
1 square is equivalent to 0.125 Ns;  
area is 68  $\rightarrow$  72 squares;  
(to give momentum change 8.5  $\rightarrow$  9.0 Ns) [3]
- (c) (i) use of  $\Delta p = m\Delta v$ ;  
 $v = \left(\frac{8.8}{0.032}\right) = 280 \text{ ms}^{-1}$ ; [2]  
*Allow value for momentum change from (b)(ii).*
- (ii) use of power =  $\frac{\text{change in kinetic energy}}{\text{time taken}}$ ;  
change in kinetic energy =  $\frac{1}{2} \times 0.032 \times 280^2$ ;  
 $\left(\frac{1300}{5 \times 10^{-3}}\right) = \text{power} = 0.26 \text{ MW}$ ; [3]
- or**
- use of  $E = \frac{p^2}{2m}$ ;  
 $\frac{8.8^2}{2 \times 0.032}$ ;  
power = 0.24 MW;  
*Award [0] for solution from  $P = Fv$ .*
- (d) N3 states that action and reaction are equal and opposite;  
so force on gun and force on bullet are action and reaction pair;  
so force on gun is opposite direction to bullet/backwards; [3]

**9. El movimiento de un barco**

- (a). Resuma el significado de trabajo. [2]
- (b). Algunos barcos de carga utilizan velas (parecidas a cometas) que operan en coordinación con los motores del barco para mover la nave.



La tensión en el cable que conecta la vela al barco es de 250 kN. La vela tira del barco en un ángulo de 39° con la horizontal. El barco se desplaza a una velocidad estable de

$8,5 \text{ ms}^{-1}$  cuando los motores del barco están en marcha con una potencia de salida de  $2,7 \text{ MW}$ .

(i). Calcule el trabajo efectuado sobre el barco por la vela cuando el barco se desplaza una distancia de  $1,0 \text{ km}$ . [2]

(ii). Demuestre que, cuando el barco se está desplazando a una velocidad de  $8,5 \text{ m s}^{-1}$ , la vela proporciona alrededor del 40 % de la potencia total requerida por el barco. [4]

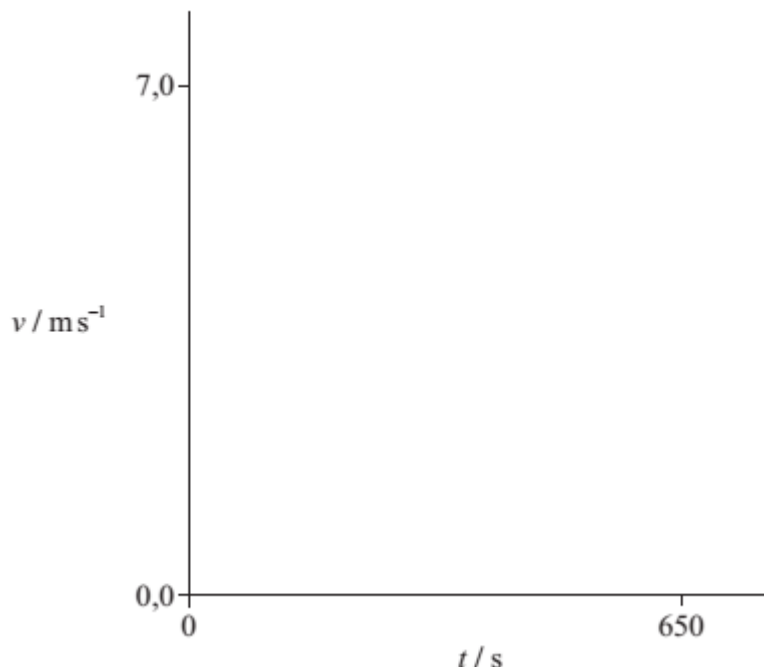
(c). Se pliega la vela y deja de producir fuerza sobre el barco. La fuerza de resistencia  $F$  que se opone al movimiento del barco está relacionada con la velocidad  $v$  del barco por  $F = kv^2$  en donde  $k$  es una constante.

Demuestre que, si la potencia de salida de los motores se mantiene en  $2,7 \text{ MW}$ , la velocidad del barco caerá a alrededor de  $7 \text{ ms}^{-1}$ . Suponga que  $k$  es independiente de que la vela esté en uso o no. [3]

(d). Se apagan los motores del barco, que se frena desde una velocidad de  $7 \text{ ms}^{-1}$  llega al reposo en un tiempo de  $650 \text{ s}$ .

(i). Estime la distancia que recorre el barco hasta pararse. Suponga que la aceleración es uniforme. [2]

(ii). Es improbable que la aceleración del barco sea uniforme dado que la fuerza de resistencia que actúa sobre el barco depende de la velocidad del barco. Utilizando los ejes, esquematice una gráfica que muestre cómo varía con el tiempo  $t$  la velocidad  $v$  a partir de que se apagan los motores del barco. [2]



**4. Part 1 Motion of a ship**

- (a) work done = force  $\times$  distance moved;  
(distance moved) in direction of force;

[2]

**or**

energy transferred;  
from one location to another;

**or**

work done =  $Fs \cos \theta$ ;  
with each symbol defined;

- (b) (i) horizontal force =  $250000 \times \cos 39^\circ (= 1.94 \times 10^5 \text{ N})$ ;  
work done =  $1.9 \times 10^8 \text{ J}$ ;

[2]

- (ii) power provided by kite =  $(1.94 \times 10^5 \times 8.5) = 1.7 \times 10^6 \text{ W}$ ;  
total power =  $(2.7 + 1.7) \times 10^6 \text{ W} (= 4.4 \times 10^6 \text{ W})$ ;

$$\text{fraction provided by kite} = \frac{1.7}{2.7 + 1.7};$$

38 % **or** 0.38; (must see answer to 2 + sig figs as answer is given)  
Allow answers in the range of 37 to 39% due to early rounding.

[4]

**or**

Award [3 max] for a reverse argument such as:  
if 2.7 MW is 60 %;

$$\text{then kite power is } \frac{2}{3} \times 2.7 \text{ MW} = 1.8 \text{ MW};$$

shows that kite power is actually 1.7 MW; (QED)

- (c)  $P = (kv^2) \times v = kv^3$ ;

$$\frac{v_1}{v_2} = \left( \sqrt[3]{\frac{P_1}{P_2}} \right) = \sqrt[3]{\left( \frac{2.7}{4.4} \right)};$$

final speed of ship =  $7.2 \text{ ms}^{-1}$ ; (at least 2 sig figs required).  
Approximate answer given, marks are for working only.

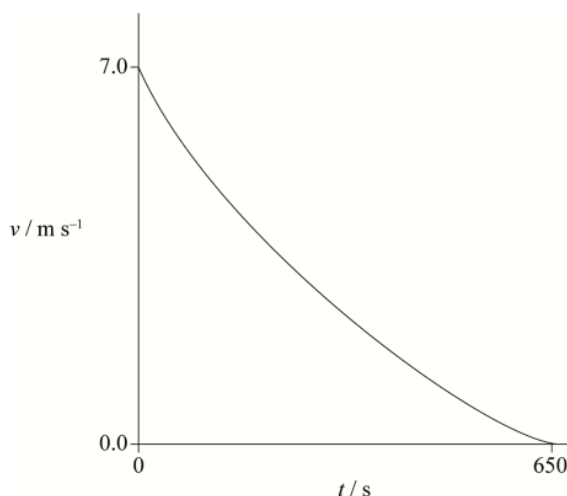
[3]

- (d) (i) correct substitution of 7 or 7.2 into appropriate kinematic equation;  
an answer in the range of 2200 to 2400 m;

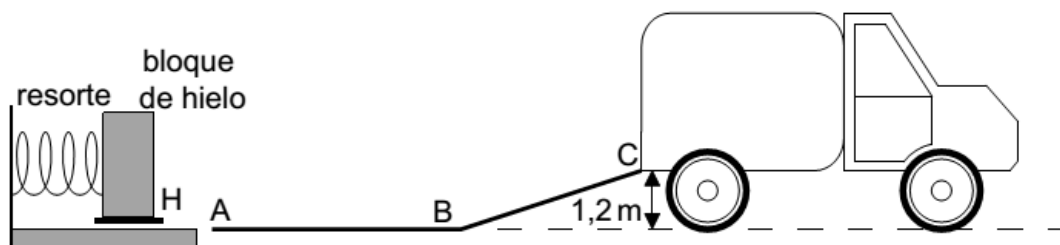
[2]

- (ii) starts at 7.0 / 7.2  $\text{m s}^{-1}$ ; (allow ECF from (d)(i))  
correct shape;

[2]



10. Una empresa diseña un sistema de resortes (muelles) para cargar bloques de hielo en un camión. El bloque de hielo se coloca en un soporte H delante del resorte y un motor eléctrico comprime el resorte empujando H hacia la izquierda. Al soltar el resorte, el bloque de hielo sale acelerado hacia una rampa ABC. Cuando el resorte se descomprime totalmente, el bloque de hielo pierde contacto con el resorte en A. La masa del bloque de hielo es de 55 kg.



Suponga que la superficie de la rampa no tiene rozamiento y que las masas del resorte y el soporte son despreciables en comparación con la masa del bloque de hielo.

(a). (i). El bloque llega a C con una rapidez de  $0,90 \text{ ms}^{-1}$ . Muestre que la energía elástica almacenada en el resorte es de 670 J. [2]

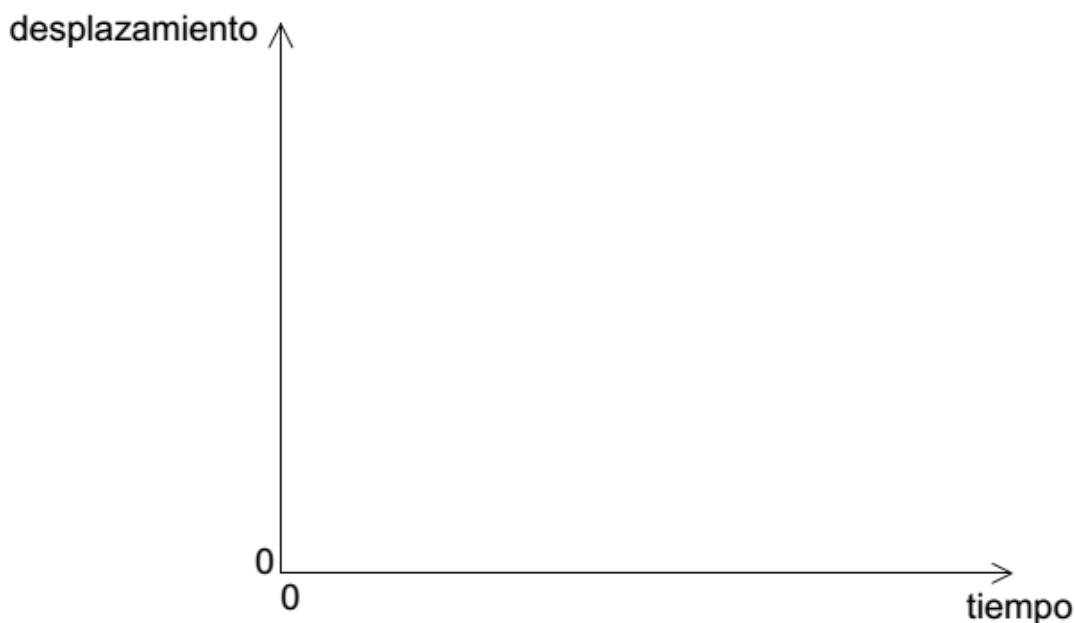
(ii). Calcule la rapidez del bloque en A. [2]

(b). Describa el movimiento del bloque

(i). De A a B, refiriéndose a la primera ley de Newton. [1]

(ii). De B a C, refiriéndose a la segunda ley de Newton. [2]

(c). Sobre los ejes, dibuje aproximadamente una gráfica que muestre cómo varía el desplazamiento del bloque de A a C frente al tiempo. (No tiene que poner números en los ejes.) [2]

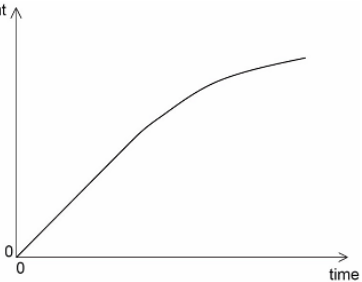


(d). La descompresión del resorte lleva 0,42 s. Determine la fuerza media que ejerce el resorte sobre el bloque. [2]

(e). Se conecta el motor eléctrico a una fuente de diferencia de potencial de 120 V y se forma una corriente de 6,8 A. El motor invierte 1,5 s en comprimir el resorte.

Estime el rendimiento del motor. [2]

Question			Answers	Notes	Total
1	a	i	$«E_{el} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ <p><b>OR</b></p> $«E_{el} = E_p + E_k ✓$ $«E_{el} = \frac{1}{2} \times 55 \times 0.90^2 + 55 \times 9.8 \times 1.2$ <p><b>OR</b></p> $669 \text{ J } ✓$ $«E_{el} = 669 \approx 670 \text{ J}»$	Award [1 max] for use of $g = 10 \text{ N kg}^{-1}$ , gives 682 J.	2
	a	ii	$\frac{1}{2} \times 55 \times v^2 = 670 \text{ J } ✓$ $v = \sqrt{\frac{2 \times 670}{55}} = 4.9 \text{ m s}^{-1} ✓$	If 682 J used, answer is $5.0 \text{ m s}^{-1}$ .	2
	b	i	no force/friction on the block, hence constant motion/velocity/speed ✓		1
	b	ii	force acts on block <b>OR</b> gravity/component of weight pulls down slope ✓ velocity/speed decreases <b>OR</b> it is slowing down <b>OR</b> it decelerates ✓	Do not allow a bald statement of "N2" or " $F = ma$ " for MP1. Treat references to energy as neutral.	2

Questions	Answers	Notes	Total
1 c	<p>straight line through origin for at least one-third of the total length of time axis <b>covered by candidate line</b> ✓  followed by curve with decreasing positive gradient ✓  displacement</p>  <p>time</p>	<p>Ignore any attempt to include motion before A.  Gradient of curve must always be less than that of straight line.</p>	2
d	<p><math>F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{55 \times 4.9}{0.42}</math> ✓  <math>F = 642 = 640 \text{ N}</math> ✓</p>	Allow ECF from (a)(ii).	2
e	<p>«energy supplied by motor <math>\Rightarrow 120 \times 6.8 \times 1.5</math> or 1224 J  <b>OR</b>  «power supplied by motor <math>\Rightarrow 120 \times 6.8</math> or 816 W ✓  <math>e = 0.55</math> or 0.547 or 55% or 54.7% ✓</p>	Allow ECF from earlier results.	2

Question	Answers	Notes	Total
1 f	<p>«energy dissipated in friction <math>\Rightarrow 0.03 \times 55 \times 9.8 \times 2.0 \Rightarrow 32.3</math>» ✓  hence use result to show that block cannot reach C ✓  <b>FOR EXAMPLE</b>  total energy at C is <math>670 - 32.3 - 646.8 = -9.1 \text{ J}</math> ✓  negative value of energy means cannot reach C ✓</p>	<p>Allow ECF from (a)(ii).  Allow calculation of deceleration (<math>a = -0.29 \text{ m s}^{-2}</math>) using coefficient of dynamic friction. Hence KE available at B = 628 J.</p>	2

## 11. Estimación de los cambios energéticos en una escalera mecánica

El diagrama de más abajo representa una escalera mecánica. La gente sube a ella en el punto A y se baja en el punto B.

(a). La escalera mecánica tiene 30m de largo y forma un ángulo de  $40^\circ$  con la horizontal. A plena capacidad, 48 personas suben cada minuto a ella en el punto A y bajan de ella en el punto B.

(i). Calcule la energía potencial ganada por una persona de peso  $7,0 \times 10^2 \text{ N}$  al moverse de A a B. [2]

(ii). Estime la energía proporcionada a la gente por el motor de la escalera mecánica cada minuto, cuando la escalera está trabajando a plena capacidad. [1]

(iii). Indique una suposición que haya realizado para obtener la respuesta al apartado (ii). [1]

La escalera mecánica está movida por un motor eléctrico que tiene un rendimiento del 70 %.

(b). Utilizando su respuesta a (a) (ii), calcule la potencia de entrada mínima requerida para que el motor mueva la escalera. [3]

**B2. Part 1** Estimating energy changes for an escalator

- (a) *Note: for part (i) and (ii) the answers in brackets are those arrived at if 19.3 is used as the value for the height.*

(i) height raised =  $30 \sin 40 = 19 \text{ m}$  ;  
gain in PE =  $mgh = 700 \times 19 = 1.3 \times 10^4 \text{ J}$  ( $1.4 \times 10^4 \text{ J}$ ); [2]

(ii)  $48 \times 1.3 \times 10^4 \text{ J} = 6.2 \times 10^5 \text{ J}$  ( $6.7 \times 10^5 \text{ J}$ ); [1]

(iii) the people stand still / don't walk up the escalator  
their average weight is 700 N / ignore any gain in KE of the people; [1 max]

(b) power required =  $\frac{(6.2 \times 10^5)}{60} = 10 \text{ kW}$  (11 kW);

$$Eff = \frac{P_{out}}{P_{in}}, P_{in} = \frac{P_{out}}{Eff};$$

$P_{in} = 14 \text{ kW}$  (16 kW); [3]