

## Topic 6 – Circular motion and gravitation

## Formative Assessment

### PROBLEM SET

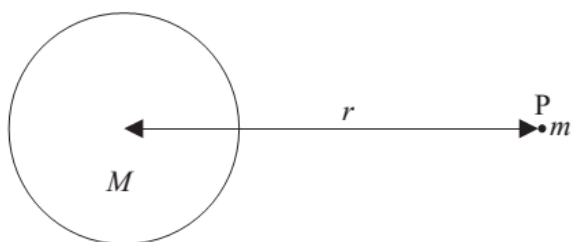
NAME: \_\_\_\_\_ TEAM: \_\_\_\_\_

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

- Describir la relación entre la fuerza de la gravedad y la fuerza centrípeta
- Aplicar la ley de la gravedad de Newton al movimiento de un objeto en órbita circular alrededor de una masa puntual
- Resolver problemas relacionados con la fuerza de la gravedad, la intensidad del campo gravitatorio, la velocidad orbital y el período orbital
- Determinar la intensidad de campo gravitatorio resultante debida a dos cuerpos

### Topic 6.2 – Newtons law of gravitation- P1

1. Un objeto puntual de masa  $m$  es transportado desde el infinito hasta el punto P, distante  $r$  del centro de una esfera aislada de masa  $M$ .

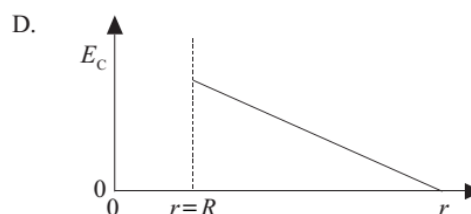
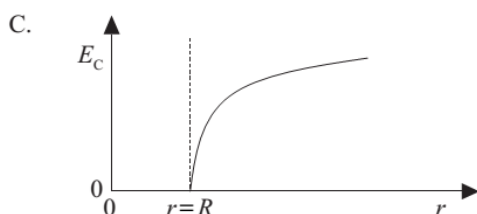
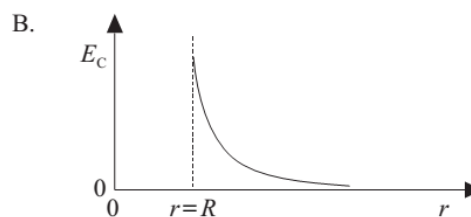
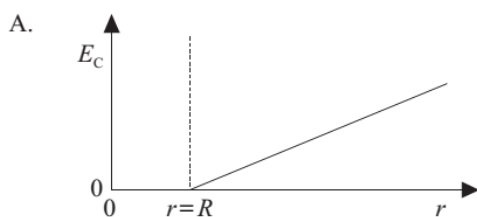


El trabajo realizado por la fuerza gravitatoria al traer el objeto puntual desde el infinito hasta el punto P es

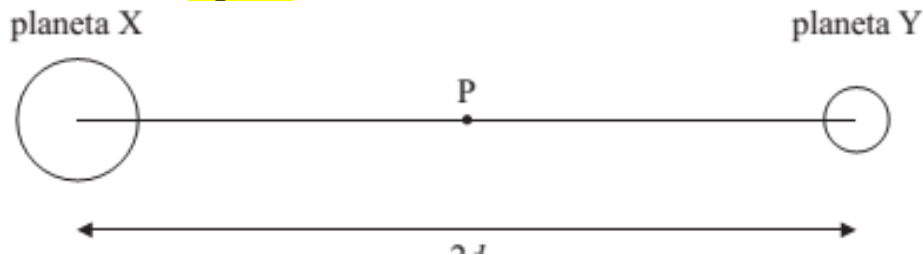
- A.  $G \frac{M}{r}$       B.  $G \frac{Mm}{r}$       C.  $-G \frac{M}{r}$       D.  $-G \frac{Mm}{r}$

2. La energía cinética  $E_C$  de un satélite en órbita varía con la distancia  $r$  al centro de un planeta de radio  $R$ .

¿Cuál de las siguientes gráficas muestra mejor la variación de  $E_C$  con  $r$ ? **Rpt.B**



3. El diagrama de más abajo muestra dos planetas X e Y de masas  $2M$  y  $M$ , respectivamente. Los centros de los planetas están separados una distancia  $2d$ . el punto P está a mitad de camino de ambos planetas. Podemos suponer que la masa de cada planeta está concentrada en su centro. **Rpt. B**



El módulo de la intensidad de campo gravitatorio en el punto P, debida a los dos planetas, es

- A. cero.
- B.  $\frac{GM}{d^2}$ .
- C.  $\frac{2GM}{d^2}$ .
- D.  $\frac{3GM}{d^2}$ .

4. Un satélite está en una órbita circular alrededor de la Tierra. Entonces, el satélite se traslada a una órbita circular más próxima a la Tierra.

¿Cuál de las siguientes opciones describe correctamente los cambios en la energía potencial gravitatoria y en la energía cinética del satélite? **Rpt. B**

	Energía potencial gravitatoria	Energía cinética
A.	disminuye	disminuye
B.	disminuye	aumenta
C.	aumenta	disminuye
D.	aumenta	aumenta

5. La masa gravitatoria de un cuerpo, medida en la Tierra, es  $M_g$  y su masa inercial es  $M_i$ . ¿Cuál de las siguientes opciones indica los cambios, si los hay, en  $M_g$  y en  $M_i$  caso de ser medidas en la luna? **Rpt. A**

	Masa inercial en la Luna	Masa gravitatoria en la Luna
A.	$M_i$	$M_g$
B.	$M_i$	menor que $M_g$
C.	menor que $M_i$	$M_g$
D.	menor que $M_i$	menor que $M_g$

6. El planeta X tiene masa  $M$  y radio  $R$ . El planeta Y tiene masa  $2M$  y radio  $3R$ . La intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta X es  $g$ . ¿Cuál será la intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta Y?

A.  $\frac{2}{9}g$

B.  $\frac{2}{3}g$

C.  $\frac{3}{2}g$

D.  $\frac{9}{2}g$

7. ¿Cuál es la definición correcta de intensidad del campo gravitatorio?

A. La masa por unidad de peso

B. El peso de una pequeña masa de prueba

C. La fuerza que actúa sobre una pequeña masa de prueba

D. La fuerza por unidad de masa que actúa sobre una pequeña masa de prueba

8. El planeta X tiene masa  $M$  y radio  $R$ . El planeta Y tiene masa  $2M$  y radio  $3R$ . La intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta X es  $g$ . ¿Cuál será la intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta Y?

A.  $\frac{2}{9}g$

B.  $\frac{2}{3}g$

C.  $\frac{3}{2}g$

D.  $\frac{9}{2}g$

9. ¿Cuál es la definición correcta de intensidad del campo gravitatorio?

E. La masa por unidad de peso

F. El peso de una pequeña masa de prueba

G. La fuerza que actúa sobre una pequeña masa de prueba

H. La fuerza por unidad de masa que actúa sobre una pequeña masa de prueba

10. Un planeta tiene la mitad de masa y la mitad de radio que la Tierra. ¿Cuál será la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de este planeta? La intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Tierra es de  $10\text{Nkg}^{-1}$ .

A.  $2,5\text{Nkg}^{-1}$

B.  $5,0\text{Nkg}^{-1}$

C.  $10\text{Nkg}^{-1}$

D.  $20\text{Nkg}^{-1}$

11. La intensidad del campo gravitatorio en un punto X de un campo gravitatorio se define como la fuerza

A. por unidad de masa sobre una masa situada en X.

B. sobre una masa situada en X.

C. por unidad de masa sobre una masa puntual pequeña situada en X.

D. sobre una masa puntual pequeña situada en X.

12. Tanto en el campo gravitatorio como en el campo eléctrico, la fuerza  $F$  entre partículas se relaciona con la separación  $r$  entre ellas por medio de una ecuación de la forma

$$F = a \frac{bc}{r^2}.$$

¿Cuál de las siguientes opciones identifica las unidades de las cantidades  $a$ ,  $b$  y  $c$  para un campo gravitatorio? **Rpt. D**

	$a$	$b$ y $c$
A.	$\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$	C
B.	$\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$	kg
C.	$\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$	C
D.	$\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$	kg

13. El módulo de la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de un planeta de masa  $M$  y de radio es  $g$ . ¿Cuál será el módulo de la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de un planeta de masa  $2M$  y radio  $2R$ ?

A.  $\frac{g}{4}$

**B.  $\frac{g}{2}$**

C.  $g$

D.  $2g$

14. La masa de un planeta es el doble que la de la Tierra. Su radio es la mitad del radio de la Tierra. La intensidad del campo gravitatorio en la superficie de la Tierra es  $g$ . La intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta es.

A.  $\frac{1}{2}g$ .

B.  $g$ .

C.  $2g$ .

**D.  $8g$ .**

15. Una pequeña esfera X de masa  $M$  está situada a una distancia  $d$  de una masa puntual. La fuerza gravitatoria sobre la esfera X es  $90\text{N}$ . Se retira la esfera X y se coloca una segunda esfera Y, de masa  $4M$ , a una distancia  $3d$  de la misma masa puntual. La fuerza gravitatoria sobre la esfera Y es

A.  $480\text{N}$ .

B.  $160\text{N}$ .

C.  $120\text{N}$ .

**D.  $40\text{N}$ .**

16. La velocidad de escape de un planeta se define como la velocidad que debe tener un objeto que abandona la superficie del planeta.

A. escapar completamente del campo gravitatorio del planeta.

B. entrar en una órbita geoestacionaria en torno al planeta.

C. escapar de la atmósfera del planeta.

D. vencer a la fuerza gravitatoria del planeta.

17. En Marte, la intensidad del campo gravitatorio es alrededor de 14 la de la Tierra. La masa de la Tierra es aproximadamente diez veces la de Marte.

¿Cuál será el cociente radio de la Tierra radio de Marte?

A. 0,4

B. 0,6

C. 1,6

D. 2,5

18. Un satélite con masa de 1500kg se encuentra en el campo gravitatorio de la Tierra. Se desplaza desde un punto en el que el potencial gravitatorio es de  $-30\text{MJkg}^{-1}$  hasta otro punto en el que el potencial gravitatorio es de  $-20\text{MJkg}^{-1}$ . ¿Cuál será el sentido del movimiento del satélite y la variación en su energía potencial gravitatoria?

	Sentido de movimiento del satélite	Variación en la energía potencial gravitatoria / GJ
A.	alejándose de la Tierra	15
B.	alejándose de la Tierra	75
C.	hacia la Tierra	15
D.	hacia la Tierra	75

19. ¿Cuál es la definición correcta de intensidad del campo gravitatorio?

A. La masa por unidad de peso

B. El peso de una pequeña masa de prueba

C. La fuerza que actúa sobre una pequeña masa de prueba

D. La fuerza por unidad de masa que actúa sobre una pequeña masa de prueba

20. Se dice que un astronauta en órbita en torno a la Tierra “no tiene peso”. Esto se debe a que

A. la fuerza gravitatoria sobre el astronauta es nula.

B. el astronauta y su astronave sufren la misma aceleración.

C. el astronauta y su astronave sufren la misma fuerza gravitatoria.

D. el campo gravitatorio en la posición de la astronave es nulo.

21. Una pequeña esfera X de masa  $M$  está situada a una distancia  $d$  de una masa puntual. La fuerza gravitatoria sobre la esfera X es 90N. Se retira la esfera X y se coloca una segunda esfera Y, de masa  $4M$ , a una distancia  $3d$  de la misma masa puntual. La fuerza

gravitatoria sobre la esfera Y es

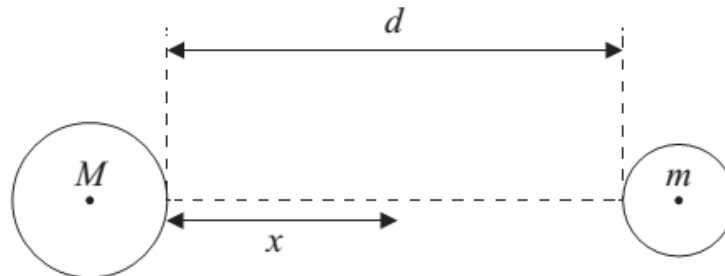
A. 480N.

B. 160N.

C. 120N.

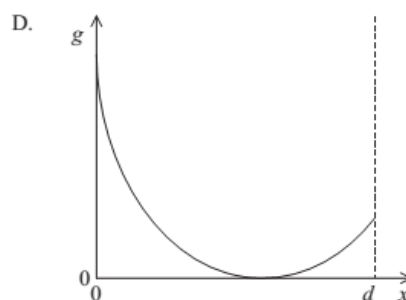
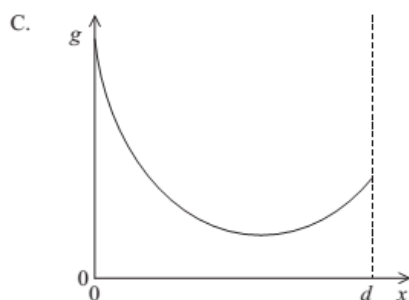
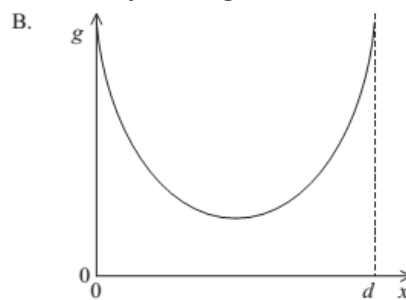
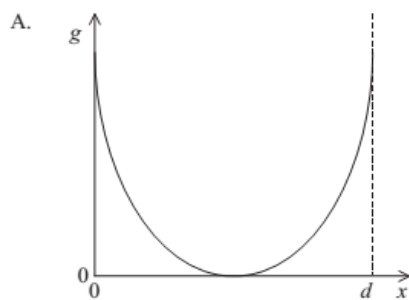
D. 40N.

22. Se sostienen dos esferas aisladas de masa  $M$  y  $m$  separadas una distancia  $d$ , como se muestra a continuación. **Rpt. C**



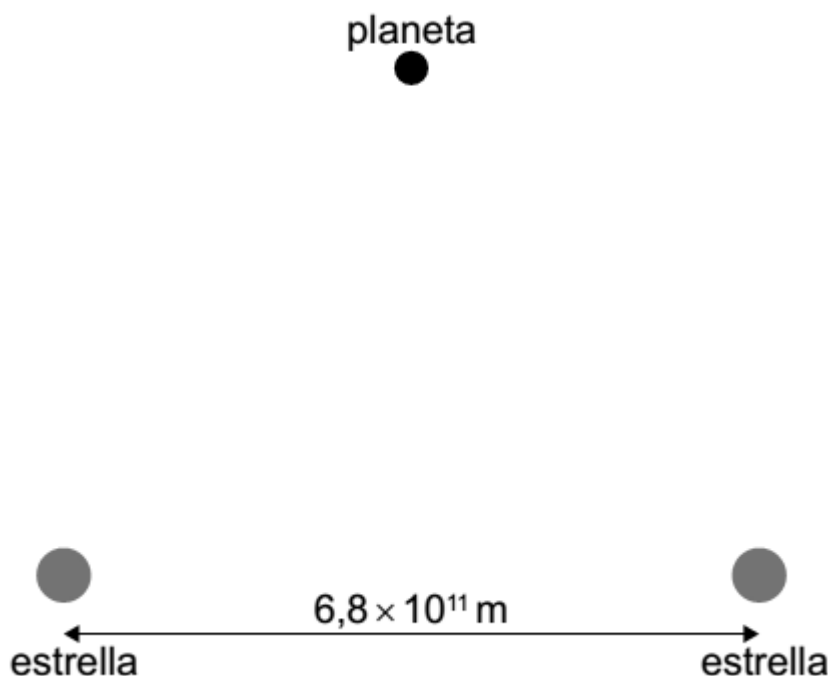
La masa  $M$  es mayor que la masa  $m$ .

Se mide la intensidad del campo gravitatorio,  $g$ , sobre una línea entre las dos masas. ¿Qué gráfico representa mejor la variación del módulo de la intensidad del campo,  $g$ , con respecto a la distancia  $x$  desde la esfera mayor? Ignórese el campo gravitatorio de la Tierra.



## Topic 6.2 – Newtons law of gravitation- P2

1. En el diagrama se muestra un planeta cercano a dos estrellas de igual masa  $M$ .



Cada estrella tiene una masa  $M = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$ . Sus centros se encuentran separados una distancia de  $6,8 \times 10^{11} \text{ m}$ . El planeta está a una distancia de  $6,0 \times 10^{11} \text{ m}$  de cada estrella.

- (a) Sobre el diagrama anterior, dibuje dos flechas que muestren la intensidad del campo gravitatorio en la posición del planeta debido a cada una de las estrellas. [2]
- (b) Calcule la magnitud (módulo) e indique la dirección y sentido de la intensidad del campo gravitatorio resultante en la posición del planeta. [3]

2	a	two arrows each along the line connecting the planet to its star <b>AND</b> directed towards each star ✓ arrow lines straight and of equal length ✓	Do not allow kinked, fuzzy curved lines.	2
	b	$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2.0 \times 10^{30}}{(6.0 \times 10^{11})^2} = 3.7 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark$ $g_{\text{net}} = 2g \cos \theta = 2 \times 3.7 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{6.0^2 - 3.4^2}}{6.0} = 6.1 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark$ directed vertically down «page» <b>OR</b> towards midpoint between two stars <b>OR</b> south ✓	Allow rounding errors.	3

## 2. Campos eléctricos y gravitatorios

- (a) Indique, en lo que respecta a los electrones, la diferencia entre un conductor y un aislante. [1]
- (b) Sugiera por qué ha de haber un campo eléctrico dentro de un conductor que transporta corriente. [3]
- (c) Si el módulo de la intensidad de campo eléctrico dentro de un conductor es de  $55 \text{ NC}^{-1}$ .  
Calcule la fuerza sobre un electrón libre en el conductor. [1]



(d) La fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es una fuerza fundamental, tal como lo es la fuerza gravitatoria entre dos masas puntuales. Indique **una** similitud entre estas dos fuerzas y **una** diferencia (aparte de que una actúa sobre cargas y la otra sobre masas).

Similitud:

Diferencia: [2]

(e) La fuerza sobre una masa de 1,0kg en caída libre cerca de la superficie de Júpiter es de 25N. El radio de Júpiter es de  $7,0 \times 10^7$ m.

(i) Indique el valor del módulo de la intensidad del campo gravitatorio en la superficie de Júpiter. [1]

(ii) Calcule que la masa de Júpiter es aproximadamente  $1,8 \times 10^{27}$ kg. [2]

**Part 2** Electric and gravitational fields

(a) a conductor contains “free” electrons and insulators do not / *OWTTE*; [1]

(b) to have a current electrons must be accelerated/move along the wire;  
and so a (electric) force must act on them;  
this is provided by the electric field; [3]

(c)  $8.8 \times 10^{-18}$  N; [1]

(d) *similarity*:  
both follow an inverse square law;  
*difference*:  
gravitational force is always attractive/is much weaker than electric force / electric  
force can be repulsion/is much stronger than gravitational force; [2]

(e) (i)  $25 \text{ N kg}^{-1}$ ; [1]

(ii)  $M = \frac{25R^2}{G}$ ;  
 $= \frac{25 \times 7.0^2 \times 10^{14}}{6.7 \times 10^{-11}}$ ;  
 $= 1.8 \times 10^{27} \text{ kg}$  [2]

**3. Esta pregunta trata sobre gravitación y movimiento circular uniforme.**

Fobos, una luna de Marte, tiene un periodo orbital de 7,7 horas y un radio orbital de  $9,4 \times 10^3$ km.

(a) Resuma por qué Fobos se mueve con movimiento circular uniforme. [3]

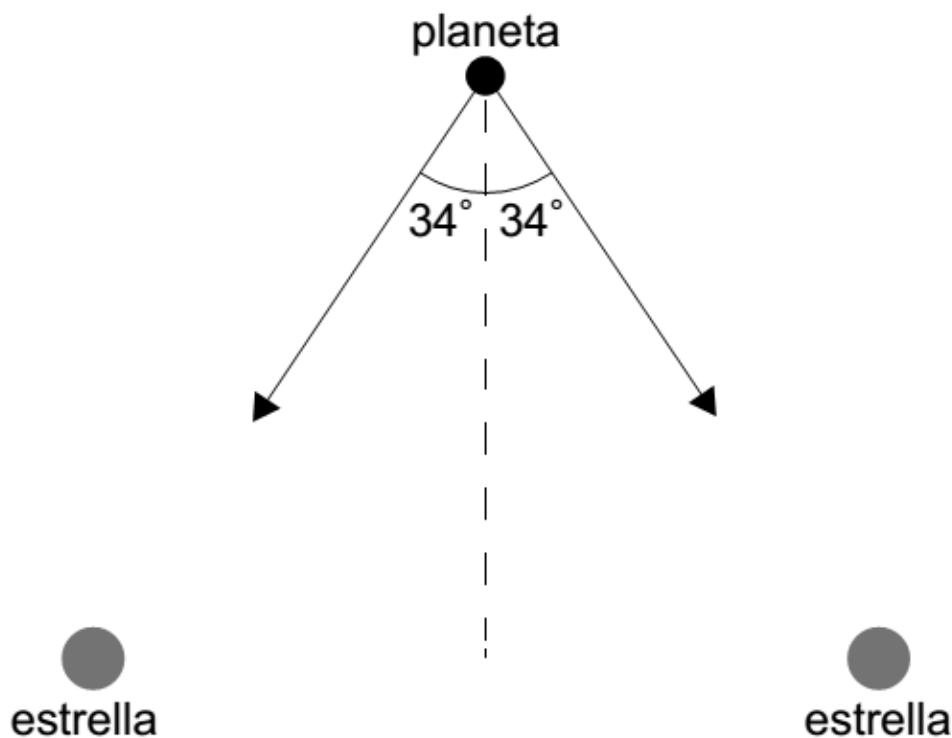
(b) Demuestre que la rapidez orbital de Fobos es de aproximadamente 2kms<sup>-1</sup>. [2]

(c) Deduzca la masa de Marte. [3]



2. (a) gravitational provides centripetal force / gravitational provides force towards centre;  
(because radius is implied constant) (centripetal) force is constant;  
at  $90^\circ$  to velocity (vector)/orbit/direction / OWTTE /  $\left. \begin{array}{l} \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \text{ (or re-arranged) and therefore speed} \\ \text{is constant (and motion is uniform);} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(do not allow} \\ \text{"inwards/centripetal" for this} \\ \text{mark. The right angle must be} \\ \text{explicit)} \end{array}$  [3]
- (b)  $v = \omega r$  and  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  combined;  
 $v = \left( \frac{2\pi r}{T} \right) = \frac{2\pi \times 9.4 \times 10^6}{7.7 \times 3600}$  **or**  $2.1(3) \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ ; [2]  
*Allow approach from speed =  $\frac{s}{t}$ , do not allow approach from  $v^2 = ar$  or  $f = \frac{1}{T}$ .*
- (c)  $m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$  **or**  $F_c = F_G$ ;  
 $M = \frac{v^2 r}{G}$  **or**  $\frac{(2.13 \times 10^3)^2 \times 9.4 \times 10^6}{6.67 \times 10^{-11}}$ ;  
 $M = 6.4 \times 10^{23} \text{ kg}$  from 2.13 **or**  $5.6 \times 10^{23} \text{ kg}$  from 2; [3]

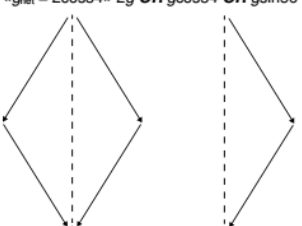
4. Las dos flechas del diagrama muestran los vectores de intensidad del campo gravitatorio en la posición de un planeta debidos a cada una de dos estrellas de igual masa  $M$ .



Cada estrella tiene una masa  $M = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$ . El planeta está a una distancia de  $6,0 \times 10^{11} \text{ m}$  de cada estrella.

(a) Muestre que la intensidad del campo gravitatorio en la posición del planeta debido a **una** de las estrellas es  $g = 3,7 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1}$ . [1]

(b) Calcule la magnitud (módulo) de la intensidad resultante del campo gravitatorio en la posición del planeta. [2]

Question	Answers	Notes	Total
2 a	$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2.0 \times 10^{30}}{(6.0 \times 10^{11})^2}$ <p>OR</p> $3.71 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark$		1
b	<p>«<math>g_{\text{net}} = 2\cos 34^\circ</math>» <math>2g</math> OR <math>g\cos 34^\circ</math> OR <math>g\sin 56^\circ</math> OR vector addition diagram shown <math>\checkmark</math></p>  <p><math>g_{\text{net}} = \llcorner 2 \times 3.7 \times 10^{-4} \times \cos 34^\circ \Rightarrow 6.1 \times 10^{-4} \text{ N kg}^{-1} \checkmark</math></p>		2

5. (a) (i) Defina *intensidad del campo gravitatorio*. [1]

(ii) Indique la unidad SI para la intensidad del campo gravitatorio. [1]

(b) Un planeta orbita en torno al Sol en una órbita circular con período orbital  $T$  y radio orbital  $R$ . La masa del Sol es  $M$ .

(i) Muestre que  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}$ . [2]

(ii) La órbita de la Tierra en torno al Sol es casi circular con radio  $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ . Estime la masa del Sol. [2]

6.	a	i	«gravitational» force per unit mass on a «small or test» mass $\checkmark$		1
	a	ii	$\text{N kg}^{-1} \checkmark$	Award mark if $\text{N kg}^{-1}$ is seen, treating any further work as neutral. Do not accept bald $\text{m s}^{-2}$	1

Question	Answers	Notes	Total
b i	<p>clear evidence that <math>v</math> in <math>v^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2}</math> is equated to orbital speed <math>\sqrt{\frac{GM}{R}}</math></p> <p>OR</p> <p>clear evidence that centripetal force is equated to gravitational force</p> <p>OR</p> <p>clear evidence that <math>a</math> in <math>a = \frac{v^2}{R}</math> etc is equated to <math>g</math> in <math>g = \frac{GM}{R^2}</math> with consistent use of symbols <math>\checkmark</math></p> <p>substitutes and re-arranges to obtain result <math>\checkmark</math></p> <p>«<math>T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}</math>»</p>	<p>Minimum is a statement that <math>\sqrt{\frac{GM}{R}}</math> is the orbital speed which is then used in <math>v = \frac{2\pi R}{T}</math></p> <p>Minimum is <math>F_c = F_g</math> ignore any signs.</p> <p>Minimum is <math>g = a</math>.</p> <p>Allow any legitimate method not identified here. Do not allow spurious methods involving equations of shm etc</p>	2