Física

Camp gravitatori, planetes i satèl·lits

Exercicis · 72 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

1. PAU 2026 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 1

Exercici 1. Camps gravitatoris

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

Starlink és una constel·lació de satèl·lits que ofereix serveis d'Internet de banda ampla utilitzant òrbites terrestres baixes per a fer més ràpida la comunicació. Cada satèl·lit té una massa de 227 kg i descriu una òrbita circular a una altura de 550 km per sobre de la superfície terrestre.

1.1. A partir de la llei de gravitació universal, deduïu l'expressió de la velocitat orbital en funció del radi orbital i de la massa de la Terra. A continuació, calculeu la velocitat orbital dels satèl·lits a l'altura de 550 km i determineu quantes voltes completes a la Terra descriu cada satèl·lit en un dia.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Per a evitar possibles col·lisions amb altres objectes, cada satèl·lit disposa d'un sistema de maniobra que, en detectar un risc, redueix l'altura de l'òrbita. En una d'aquestes maniobres, un satèl·lit baixa gradualment fins a una altura de 530 km. Deduïu l'expressió de l'energia mecànica en funció del radi orbital, la massa de la Terra i la massa del satèl·lit. A continuació, calculeu l'energia mecànica del satèl·lit en aquesta nova òrbita i justifiqueu per què l'energia mecànica orbital ha de ser negativa.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra: $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Radi de la Terra: $R_T = 6\,370$ km.

2. PAU 2026 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1 (Opció A)

Exercici 1. Camps gravitatoris

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

Trieu UNA de les dues opcions (A o B) i responeu als apartats corresponents. **Indiqueu a la portada de l'examen l'opció escollida**.

OPCIÓ A

A finals de l'any 2025, la Generalitat de Catalunya va llançar a l'espai un nanosatèl·lit que descriu una òrbita circular al voltant de la Terra a una altura aproximada de 500 km per sobre de la superfície terrestre.

1.1. A partir de la llei de la gravitació universal, deduïu l'expressió del període orbital en funció del radi orbital i de la massa de la Terra, i calculeu el període orbital del nanosatèl·lit.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Sabent que la massa del nanosatèl·lit és d'11,1 kg, calculeu l'increment d'energia potencial gravitatòria del satèl·lit en passar de la superfície terrestre a l'òrbita. Calculeu també l'energia mecànica del satèl·lit a l'òrbita. Es tracta d'una òrbita tancada? Justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra: $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Radi de la Terra: $R_T = 6\,370$ km.

OPCIÓ B

Edmond Halley (1656-1742) va estudiar els registres històrics d'observacions de cometes dels segles XVI i XVII, i va concloure que diverses d'aquestes observacions corresponien al mateix objecte. Es tractava d'un cometa periòdic gran i brillant que orbitava al voltant del Sol i que havia estat observat per darrera vegada l'any 1682. Actualment aquest cometa és conegut com el cometa Halley.

1.1. Feu un dibuix esquemàtic de l'òrbita el·líptica del cometa Halley, indicant-ne el periheli i l'afeli. Calculeu el semieix major de l'el·lipse i el període orbital del cometa. Raoneu si Edmond Halley va poder observar el cometa que porta el seu nom més d'una vegada.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Raoneu en quin punt de l'òrbita el cometa assoleix la velocitat màxima. A partir de les dades que es faciliten, calculeu la velocitat del cometa Halley quan passa pel periheli de l'òrbita, indicant clarament els principis físics que heu emprat.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa del Sol: $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}$.
Distància del periheli al centre del Sol: $r_P = 0{,}575\ \text{ua}$.
Velocitat a l'afeli: $v_A = 896\ \text{m s}^{-1}$.
Distància de l'afeli al centre del Sol: $r_A = 35{,}3\ \text{ua}$.
$1\ \text{ua} = 1{,}50 \times 10^{11}\ \text{m}$

4. PAU 2026 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1 (Opció A)

Exercici 1. Camps gravitatoris

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

Trieu UNA de les dues opcions (A o B) i responeu als apartats corresponents. **Indiqueu a la portada de l'examen l'opció escollida**.

OPCIÓ A

La nau espacial *Hera* ($m_H = 1\,130$ kg) ha d'arribar a un sistema d'asteroides per a recollir-ne informació. Per aconseguir-ho, el 2025 va passar a prop de Mart i en va aprofitar la gravetat per a accelerar.

1.1. En un punt de la trajectòria, *Hera* va passar a una distància de 5 000 km de la superfície de Mart. Calculeu en aquest punt la intensitat del camp gravitatori generat per Mart i la força gravitatòria exercida per Mart sobre *Hera*. Feu un esquema que representi Mart i *Hera*, i dibuixeu la força que Mart exerceix sobre *Hera*.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. *Hera* descriu una trajectòria el·líptica al voltant del Sol amb un període de 2 anys i 274 dies. Sabent que el període de l'òrbita de la Terra al voltant del Sol és de 365 dies, calculeu el semieix major de l'òrbita el·líptica d'*Hera*. Sabent que el periheli de l'òrbita d'*Hera* es troba a $1{,}49 \times 10^8$ km, a quina distància del Sol es troba l'afeli? Calculeu el quocient entre la velocitat d'*Hera* al periheli i a l'afeli.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de Mart: $M_M = 6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart: $R_M = 3{,}39 \times 10^3$ km.
Semieix major Sol-Terra: $a_{ST} = 1{,}50 \times 10^8$ km.
Tercera llei de Kepler: $\frac{T^2}{a^3} = constant$, on a és el semieix major de l'òrbita.

5. PAU 2026 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1 (Opció B)

OPCIÓ B

La sonda *Mars Global Surveyor* de la NASA es va llançar l'any 1996 i va acabar la missió l'any 2006. Aquesta missió va permetre elaborar un primer mapa de la superfície de Mart. La seva òrbita al voltant de Mart era estacionària, és a dir, era una òrbita circular amb un període igual a la duració d'un dia marcià.

1.1. Determineu l'altura a què es trobava la sonda per sobre de la superfície de Mart. Quina és la intensitat del camp gravitatori creat per Mart a aquesta altura?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. Una segona sonda, la *Mars Reconnaissance Orbiter*, està ampliant l'estudi de la superfície de Mart des del 2006. Aquesta sonda segueix una òrbita el·líptica al voltant del planeta a una altura sobre la superfície de Mart de 255 km al periastre i de 320 km a l'apoastre. Determineu el semieix de l'òrbita $a = \frac{r_a + r_p}{2}$ i el període de la sonda. Tenint en compte que l'energia mecànica d'una òrbita el·líptica és $E_m = -G\frac{M \cdot m}{2a}$ i que la massa de la sonda és de 1 187 kg, trobeu la velocitat al periastre i el mòdul del seu moment angular.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de Mart: $M_M = 6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart: $R_M = 3{,}39 \times 10^3$ km.
Dia marcià: 24 h 37 min.

6. PAU 2025 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 1

Exercici 1. Camps gravitatoris

La nau *BepiColombo*, de 2 700 kg de massa, sobrevola Mercuri per estudiar el planeta.

a) Completeu la taula següent calculant la distància respecte al centre de Mercuri per als dos punts indicats.

	Distància respecte al centre de Mercuri (m)	*Energia potencial (J)*
Punt 1		$-1{,}89 \times 10^{10}$
Punt 2		$-1{,}35 \times 10^{10}$

En el punt més proper d'una altra aproximació a Mercuri, la intensitat del camp gravitatori és de 3,23 m s^{-2}. Calculeu a quants kilòmetres de la superfície de Mercuri ha arribat la *BepiColombo*.

[1,25 punts]

b) Una part de la nau *BepiColombo*, anomenada *Mio*, està previst que se separi del conjunt i orbiti al voltant de Mercuri seguint una òrbita el·líptica, en què el punt més proper a Mercuri (punt *P*) es troba a 590 km de la superfície del planeta i el punt més llunyà a Mercuri (punt *A*) es troba a una distància d'11 600 km sobre la superfície del planeta. La velocitat orbital de *Mio* serà de $2{,}64 \times 10^3$ m s^{-1} en el punt *A*. Utilitzant el principi de conservació del moment angular, calculeu quin serà el mòdul de la velocitat de *Mio* en el punt *P*. Justifiqueu si l'acceleració normal variarà al llarg de l'òrbita. En cas afirmatiu, indiqueu en quin punt tindrà el valor màxim.

[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de Mercuri: $M_M = 3{,}285 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mercuri: $R_M = 2{,}44 \times 10^3$ km.

7. PAU 2025 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

Exercici 1. Camps gravitatoris

La brossa espacial deixada per satèl·lits antics i els seus coets llançadors s'està convertint en un perill per a altres satèl·lits. El novembre de 2023, durant unes tasques de reparació, dos astronautes es van deixar una caixa d'eines a l'exterior de l'*Estació Espacial Internacional* (EEI).

a) A partir de la llei de gravitació universal, deduïu l'expressió de la velocitat orbital en funció del radi orbital. Calculeu la velocitat de la caixa d'eines en òrbita a 400 km per sobre de la superfície terrestre i el nombre de voltes que farà la caixa cada dia al voltant de la Terra.
[1,25 punts]

b) La fi de l'EEI està planificada per a l'any 2031. D'una manera gradual i controlada se'n baixarà l'òrbita fins als 280 km d'altura per sobre de la superfície terrestre. Calculeu l'energia mecànica de l'EEI en aquesta òrbita i justifiqueu-ne el signe. L'última tripulació abandonarà l'estació i, posteriorment, l'estació caurà des d'aquesta altura al mig de l'oceà Pacífic. Calculeu amb quina energia cinètica impactarà l'estació contra l'aigua, sense tenir en compte els efectes de l'atmosfera terrestre.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra: $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Radi de la Terra: $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}$ m.
Massa de l'EEI: $M_{EEI} = 430 \times 10^{3}$ kg.

8. PAU 2024 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 1

P1) Els sistemes planetaris tendeixen a formar-se en ressonància. Això vol dir que, quan un planeta completa n òrbites, el planeta veí en completa m, en què n i m són nombres enters. El novembre de 2023 la revista *Nature* publicava el descobriment de sis planetes que orbitaven en ressonància al voltant de l'estrella HD110067.

a) Suposem que aquesta estrella té la massa del Sol i que els planetes tenen òrbites circulars. El sisè planeta, el més exterior, té un període de 54,7 dies. Calculeu la distància entre el planeta i l'estrella. Representeu l'estrella i el planeta, dibuixeu el vector d'acceleració normal i calculeu-ne el mòdul.
[1,25 punts]

b) El cinquè planeta completa 4 òrbites en el mateix temps que el sisè planeta en completa 3 (relació 4:3). Calculeu el radi de l'òrbita del cinquè planeta i la seva energia mecànica suposant que la seva massa és 2,5 vegades la terrestre.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra, $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Massa del Sol, $M_S = 1{,}98 \times 10^{30}$ kg.

9. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

P1) BepiColombo és una missió espacial que té per objectiu l'exploració de Mercuri. La missió va ser llançada l'any 2018, i hi arribarà el 2025. Un cop allà, posarà en òrbita dos satèl·lits al voltant del planeta. Un dels satèl·lits és el *Mercury Planetary Orbiter* (MPO), construït per l'Agència Espacial Europea, que orbitarà al voltant de Mercuri amb un radi orbital mitjà de 3 360 km.

***a*)** Considereu un satèl·lit que fa una òrbita circular al voltant de Mercuri. Deduïu l'expressió de la velocitat orbital del satèl·lit en funció del radi orbital i la massa de Mercuri (indiqueu clarament en quins principis o lleis físiques us baseu per fer la vostra deducció). Amb aquesta expressió, calculeu la velocitat orbital del satèl·lit MPO mentre orbita al voltant de Mercuri. Calculeu quantes voltes haurà fet al planeta al cap d'un any terrestre.

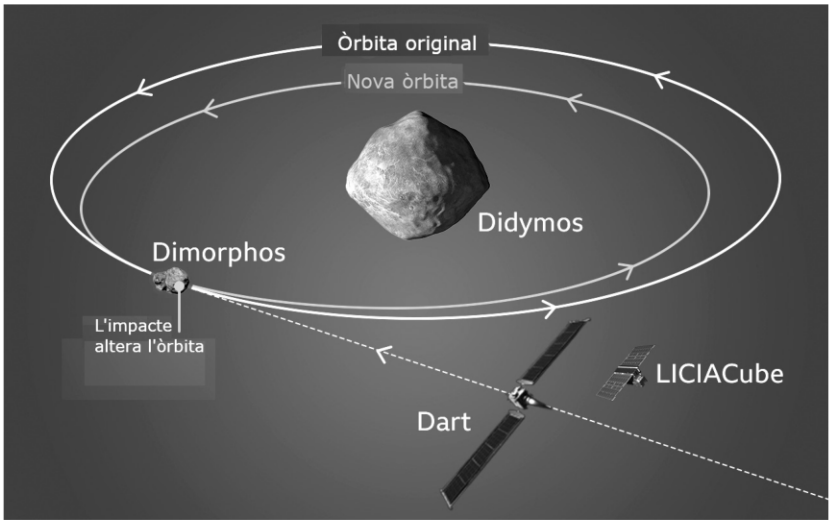
[1,25 punts]

***b*)** A partir de l'expressió general de l'energia mecànica, obtingueu la seva equació per al cas particular d'un satèl·lit en òrbita circular (cal que l'equació final només estigui expressada en funció de G, el radi orbital i les masses del satèl·lit i del planeta). Una vegada el satèl·lit MPO estigui orbitant al voltant de Mercuri, encara tindrà combustible per a poder fer maniobres. Considereu que el combustible disponible pot proporcionar una energia de $4{,}5 \times 10^9$ J. Determineu el valor màxim que podria tenir la massa del MPO per tal que amb l'energia disponible pogués escapar del camp gravitatori de Mercuri.

[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa de Mercuri, $M_M = 3{,}285 \times 10^{23}$ kg.
Any terrestre = 365,25 dies.

P1) El mes de novembre del 2021, la NASA va llançar la missió DART (Double Asteroid Redirection Test). Aquesta missió té per objectiu canviar l'òrbita de Dimorphos, un petit asteroide que orbita al voltant de Didymos, que és un asteroide més gran.



Esquema de la missió DART.
NOTA: La imatge no està escalada, les proporcions entre les òrbites i els objectes no es corresponen a les escales reals.
FONT: NASA.

a) A partir de la llei de la gravitació universal, trobeu l'expressió de la intensitat del camp gravitatori que crea un objecte astronòmic esfèric de massa M i radi R a la seva superfície. El diàmetre de Didymos és de 781 m i la seva densitat és de 2 146 kg/m^3. Calculeu el valor de la intensitat del camp gravitatori que crea Didymos a la seva superfície. Si Dimorphos té una massa de $4{,}42 \times 10^{10}$ kg i el radi orbital mitjà (distància entre els centres dels dos objectes) és d'1,12 km, calculeu el mòdul de la força gravitatòria mitjana entre Didymos i Dimorphos.
[1,25 punts]

b) L'objectiu de la missió DART és colpejar Dimorphos, de tal manera que orbiti en una nova òrbita de radi menor, com s'indica en la figura anterior. Deduïu, a partir de principis fonamentals, l'expressió de la velocitat orbital d'un satèl·lit en funció del radi de l'òrbita. Argumenteu si Dimorphos orbitarà a més velocitat a la nova òrbita o a l'òrbita original.
[1,25 punts]

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.

NOTA: Considereu que les òrbites són circulars i que els dos asteroides són esfèrics.

11. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

P1) Els dos satèl·lits de Mart, Fobos i Deimos, porten el nom dels fills bessons d'Afrodita i Ares. En la mitologia romana, Ares, déu de la guerra, s'identifica amb Mart. Els dos satèl·lits tenen forma irregular, però els podem aproximar a una esfera de diàmetre 22,2 km per a Fobos i de 12,6 km per a Deimos. Per tant, comparats amb la Lluna, que té un diàmetre de 3 475 km, són petits. El radi orbital mitjà (distància entre els centres dels dos objectes) de Fobos al voltant de Mart és de 9 377 km i el seu període de revolució és de 7 hores, 39 minuts i 14 segons. Sabent que el radi orbital mitjà de Deimos és de 23 460 km, determineu a partir d'aquestes dades:

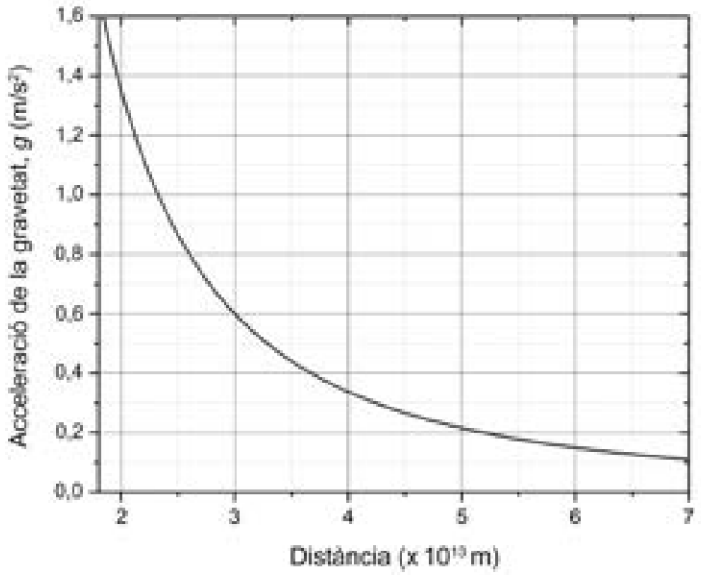
a) La massa de Mart i la intensitat del camp gravitatori que Mart crea a la seva superfície.
[1,25 punts]

b) El període de revolució de Deimos al voltant de Mart i la seva energia mecànica.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.
$M_{\mathrm{Fobos}} = 1{,}10 \times 10^{16}\ \mathrm{kg}$.
$M_{\mathrm{Deimos}} = 2{,}00 \times 10^{15}\ \mathrm{kg}$.
$R_{\mathrm{Mart}} = 3\,390\ \mathrm{km}$.

NOTA: Considereu que els dos satèl·lits descriuen una trajectòria circular al voltant de Mart.

P1) El Premi Nobel de Física de l'any 2020 es va concedir a tres científics: Andrea Ghez, Reinhard Genzel i Roger Penrose (Ghez és la quarta dona de la història que aconsegueix un Nobel de Física). En concret, Ghez i Genzel van ser guardonats per les seves deduccions sobre Sagitari A* (el forat negre supermassiu del centre de la Via Làctia) a partir de l'observació de les òrbites d'estels propers. La gràfica adjunta mostra la intensitat del camp gravitatori provocat per Sagitari A* en funció de la distància.



a) Al voltant de Sagitari A* hi orbita una estrella anomenada S2. Quin és el mòdul de la velocitat d'aquesta estrella quan es troba a una distància de $3{,}00 \times 10^{13}$ m?
[1,25 punts]

b) Calculeu la massa de Sagitari A*. A quantes masses del Sol equival? Com que Sagitari A* és un forat negre, fins a una certa distància d'ell la velocitat d'escapament de Sagitari A* és superior a la velocitat de la llum. Calculeu a partir de quina distància aquesta velocitat d'escapament és menor que la velocitat de la llum. Cal deduir la velocitat a partir de consideracions energètiques.
[1,25 punts]

NOTA: Podeu negligir els efectes relativistes i podeu suposar que la llei de la gravitació universal és vàlida.

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.
$M_{\mathrm{Sol}} = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg.
$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$.

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) El març del 2021 es va llançar el primer nanosatèl·lit de la Generalitat de Catalunya a l'espai. Els nanosatèl·lits tenen com a funció millorar les comunicacions, controlar els cabals dels cursos d'aigua i prevenir incendis. També contribueixen a la recerca i realització de missions espacials més àgils i econòmiques. Aquests nanosatèl·lits acostumen a orbitar a uns 500 km d'altura (distància respecte a la superfície de la Terra).

a) Suposant que l'òrbita d'un d'aquests nanosatèl·lits és circular, a partir de la llei de la gravitació universal deduïu-ne l'expressió de la velocitat orbital en funció del radi orbital. Calculeu també la velocitat i el període orbitals d'aquests nanosatèl·lits.
[1,25 punts]

b) Partint de la llei de la conservació de l'energia mecànica (negligiu la força de fregament), deduïu l'expressió de la velocitat de llançament necessària per a posar en òrbita un satèl·lit en funció del radi orbital. Calculeu la velocitat de llançament necessària per a posar en òrbita el nanosatèl·lit a 500 km d'altura.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.
$M_{\mathrm{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$.
$R_{\mathrm{Terra}} = 6{,}37 \times 10^{3}\ \mathrm{km}$.

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) ***a)*** Un satèl·lit descriu una trajectòria circular de radi R al voltant d'una massa central. El temps que triga a donar-hi una volta sencera és T. Deduïu l'expressió per a calcular la intensitat del camp gravitatori, g, creat per la massa central en els punts de l'òrbita del satèl·lit en funció dels paràmetres R i T. Considereu que la Lluna descriu una òrbita circular al voltant de la Terra amb una distància entre centres de 384×10^6 m i amb un període de 27,3 dies. Fent ús només d'aquestes dues dades i de l'expressió trobada anteriorment, calculeu la intensitat del camp gravitatori als punts de l'òrbita de la Lluna.

[1,25 punts]

b) Deduïu l'expressió de l'energia cinètica mínima necessària perquè un coet de massa m pugui escapar d'un objecte astronòmic de massa M i radi R. Quantes vegades més gran és l'energia cinètica mínima perquè el coet pugui escapar de la Terra respecte de l'energia mínima que necessita per a escapar de la Lluna? (Només podeu fer servir les dades donades tot seguit.)

[1,25 punts]

DADES: $M_{\text{Terra}} = 81{,}3\, M_{\text{Lluna}}$

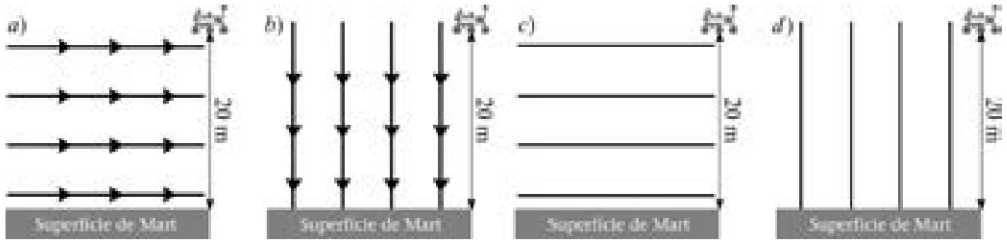
$R_{\text{Terra}} = 3{,}67\, R_{\text{Lluna}}$

15. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 6

P6) El juliol del 2020 la NASA va posar en marxa una missió espacial que, entre altres tasques, havia de fer arribar el vehicle d'exploració *Perseverance* a la superfície de Mart. El 18 de febrer de 2021 va tenir lloc l'aterratge del vehicle. En la darrera etapa d'aquest procés complex d'aterratge, una grua fa baixar d'una manera controlada el vehicle des d'una altura de 20,0 m per sobre de la superfície de Mart. Durant tot aquest recorregut, la intensitat del camp gravitatori es pot considerar uniforme.

a) El valor absolut de la diferència de potencial gravitatori entre la superfície del planeta i un punt elevat 20,0 m per sobre de la superfície és 74,4 J/kg. A partir de la diferència de potencial, determineu el mòdul de la intensitat del camp gravitatori a la superfície de Mart. Quin dels esquemes següents (*a*, *b*, *c* o *d*) representa les línies equipotencials a la superfície de Mart? Situeu en el diagrama triat la línia de menor potencial (V_{baix}) i la de major potencial (V_{alt}). Justifiqueu totes les respostes.

[1,25 punts]



b) Si durant aquesta darrera etapa, el vehicle fa un descens de 20,0 m a una velocitat constant, quin treball ha fet la grua? Podeu negligir el treball fet per les forces de fregament.

[1,25 punts]

DADA: La massa del vehicle és 1 025 kg.

16. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) Edmond Halley, contemporani d'Isaac Newton, va descobrir que tres cometes descrits el 1531, el 1607 i el 1682 eren, en realitat, un mateix cometa, el cometa Halley. Aquest cometa descriu una òrbita el·líptica amb un període de 76 anys, aproximadament.

a) Determineu la longitud del semieix major de l'òrbita del cometa Halley. Representeu esquemàticament l'òrbita del cometa, indicant la posició del Sol, l'afeli (punt més allunyat) i el periheli (punt més proper).
[1,25 punts]

b) El periheli es troba a 0,586 ua del centre del Sol. Determineu la intensitat de camp gravitatori a l'afeli i al periheli.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$m_{\text{Sol}} = 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}$.
$1\ \text{ua} = 1{,}50 \times 10^{11}\ \text{m}$.

17. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 1

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

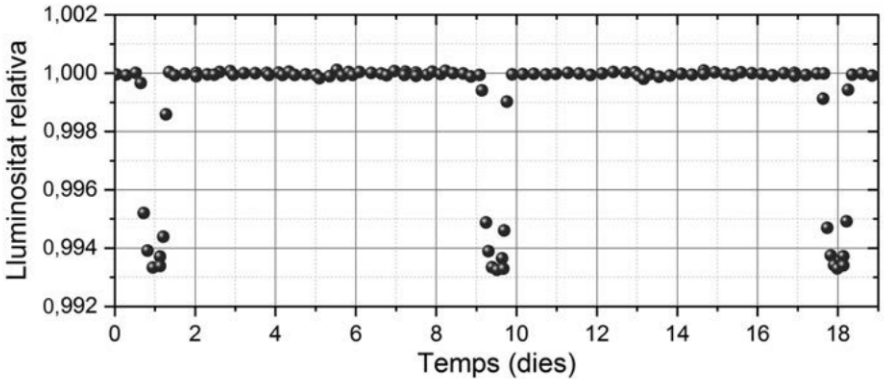
Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) Un dels mètodes emprats per a detectar exoplanetes (planetes extrasolars) és l'observació del *trànsit planetari*, un fenomen astronòmic que s'esdevé quan un planeta passa per davant de l'estel al voltant del qual orbita i que es percep des de la Terra per la disminució de la llum de l'estel.

El gràfic següent mostra la variació de lluminositat provocada pel trànsit d'un planeta que descriu una òrbita circular al voltant d'un estel. Aquest estel té una massa pràcticament idèntica a la massa del Sol. Considereu que la constant de Kepler d'aquest sistema és igual a la del Sistema Solar.



a) Calculeu el període i el radi de l'òrbita.
[1,25 punts]

b) Determineu el mòdul de la velocitat i l'acceleració centrípeta del planeta.
[1,25 punts]

DADA: Radi orbital mitjà de la Terra = 1,00 ua = $1{,}50 \times 10^{11}$ m.

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) Gràcies a les valuoses dades sobre les posicions dels astres que Tycho Brahe va recollir al llarg de la seva vida, Johannes Kepler va poder formular les seves famoses tres lleis.

a) Deduïu la tercera llei de Kepler a partir de la segona llei de Newton i de la llei de gravitació universal, suposant que els planetes descriuen moviments circulars uniformes.

[1,25 punts]

b) A partir de les dades de la taula, determineu la massa del Sol.

[1,25 punts]

Planeta	*Radi de l'òrbita (10^9 m)*	*Període (anys)*
Mercuri	57,90	0,240 8
Venus	108,2	0,615 2
Terra	149,6	1,000
Mart	228,0	1,881

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.

Problemes	5		
	6		
	7		
	8		
Suma de notes parcials			
Qualificació final			

Etiqueta de l'alumne/a

Ubicació del tribunal .....

Número del tribunal .....

Etiqueta de qualificació

Etiqueta del corrector/a

Responeu a QUATRE dels vuit problemes següents. En el cas que respongueu a més problemes, només es valoraran els quatre primers.

Cada problema val 2,5 punts.

P1) El 20 de juliol de 1969, la missió nord-americana *Apollo 11* va aconseguir que l'ésser humà trepitgés per primera vegada la Lluna.

a) Dibuixeu les línies de camp gravitatori i les superfícies equipotencials al voltant de la Lluna en un pla que la contingui. Indiqueu si el potencial gravitatori augmenta o disminueix quan ens allunyem de la superfície de la Lluna. Justifiqueu la resposta. A quina distància de la superfície de la Lluna comença la maniobra d'allunatge si en aquest punt $g = 1{,}306\ \text{m/s}^2$?

[1,25 punts]

b) Quina energia mínima han d'aportar els motors a la nau per a poder escapar-se de la gravetat de la Lluna, partint de la seva superfície?

[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$m_{\text{Lluna}} = 7{,}35 \times 10^{22}\ \text{kg}$.
$m_{\text{nau}} = 45{,}7 \times 10^{3}\ \text{kg}$.
$r_{\text{Lluna}} = 1{,}74 \times 10^{3}\ \text{km}$.

20. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 1

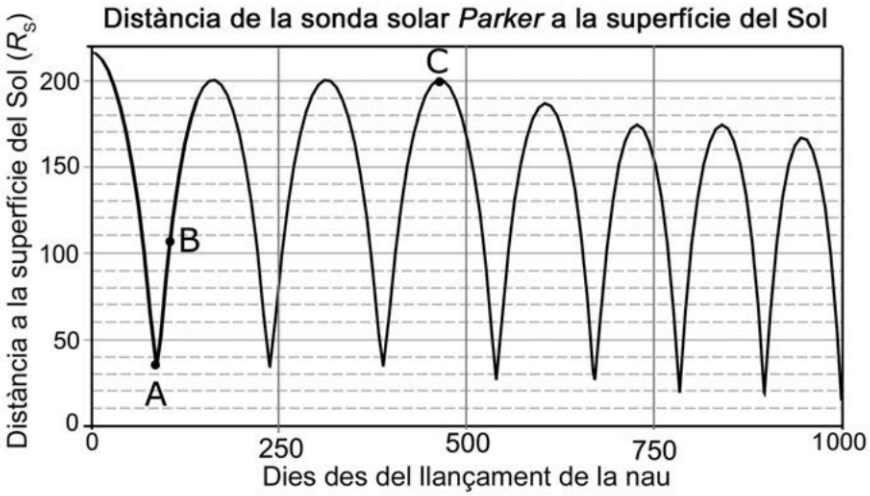
P1) La trajectòria de la Terra al voltant del Sol és una el·lipse; aquest fet fa que la distància des de la Terra al Sol no sigui la mateixa en totes les èpoques de l'any. El periheli, la distància més curta entre la Terra i el Sol, és de $1{,}471 \times 10^8$ km. La Terra passa pel periheli durant els primers dies del mes de gener de cada any. La velocitat de la Terra al periheli és de 30,75 km/s. L'afeli és la posició més allunyada del Sol. Quan la Terra es troba a l'afeli, la seva velocitat orbital és de 28,76 km/s.

a) Dibuixeu una òrbita clarament el·líptica (no cal que sigui l'òrbita real) on s'indiqui la posició del Sol i la de la Terra un dia d'hivern de l'hemisferi nord. Utilitzant arguments basats en l'energia, justifiqueu per què la velocitat de la Terra és mínima a l'afeli. Quina és la distància de la Terra al Sol a l'afeli?
[1,25 punts]

b) Quina intensitat de camp gravitatori genera el Sol a la seva superfície? Quin és el pes d'una massa de 10,0 kg a la superfície del Sol?
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$M_{\text{Terra}} = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.
$M_{\text{Sol}} = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg.
$R_{\text{Sol}} = 6{,}96 \times 10^{5}$ km.

P3) La sonda solar *Parker* (en anglès, *Parker Solar Probe*) és una nau espacial en òrbita al voltant del Sol que té com a objectiu acostar-se molt a la superfície solar. La gràfica següent mostra com varia la distància de la nau respecte al Sol al llarg dels primers 1 000 dies de missió i indica els instants A, B i C. Les unitats emprades per a mesurar la distància a la superfície del Sol són radis solars, R_S.



FONT: *http://parkersolarprobe.jhuapl.edu.*

a) Observeu a la gràfica els moments de màxim acostament al Sol de cada òrbita i determineu quantes voltes completes ha fet la nau al voltant del Sol en aquests 1 000 dies. Quant mesura l'eix major de l'òrbita entre els moments A i C? (Doneu el resultat en radis solars.)

[1,25 punts]

b) Representeu esquemàticament el Sol i l'òrbita de la nau entre els moments A i C. Indiqueu sobre el dibuix les posicions corresponents a A, B i C. Situeu la nau en la posició B i dibuixeu en aquest instant els vectors velocitat i acceleració de la nau (no cal calcular-ne els mòduls). En quina posició la velocitat de la nau és màxima? Justifiqueu la resposta i indiqueu el principi físic en què us baseu.

[1,25 punts]

22. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 6

P6) El 1971 l'astronauta David Scott, de la missió *Apollo 15*, va fer l'experiment següent a la superfície de la Lluna: en una mà hi tenia una ploma de falcó de 30 g de massa i a l'altra mà hi tenia un martell d'alumini d'1,32 kg. Els va deixar anar alhora des de la mateixa altura i va comprovar la predicció de Galileu segons la qual en caiguda lliure els dos objectes havien d'arribar simultàniament a terra. Concretament, tots dos objectes van trigar 1,1 s a recórrer els 100 cm que els separaven del terra.

a) A partir de l'experiment de David Scott, calculeu la intensitat del camp gravitatori a la superfície de la Lluna i la massa de la Lluna.
[1,25 punts]

b) Calculeu el període orbital de la Lluna al voltant de la Terra.
[1,25 punts]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\ \text{kg}$.
Distància Terra-Lluna $= 3{,}84 \times 10^{8}\ \text{m}$.
$R_{\text{Lluna}} = 1{,}74 \times 10^{6}\ \text{m}$.

23. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3

P3) Una de les llunes de Júpiter, Io, descriu una òrbita de radi mitjà $4{,}22 \times 10^{8}$ m i de període $1{,}53 \times 10^{5}$ s.

a) Calculeu la massa de Júpiter.
[1,25 punts]

b) Calculeu el radi mitjà de l'òrbita d'una altra lluna de Júpiter, Calꞌlisto, que té un període d'$1{,}44 \times 10^{6}$ s.
[1,25 punts]

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

24. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 6

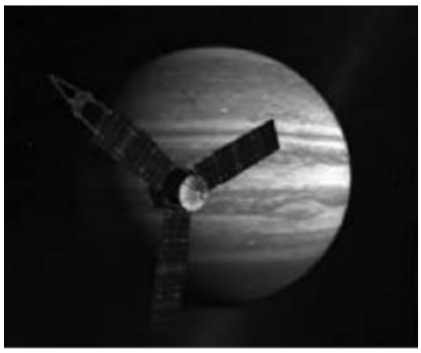
P6) La Lluna es troba a $3{,}84 \times 10^{8}$ m de la Terra. La massa de la Lluna és $7{,}35 \times 10^{22}$ kg i la de la Terra $5{,}98 \times 10^{24}$ kg.

a) Calculeu el període de translació de la Lluna al voltant de la Terra. Calculeu l'energia potencial gravitatòria de la Lluna deguda a la gravetat de la Terra.
[1,25 punts]

b) A quina distància de la Terra, entre la Terra i la Lluna, ens hem de situar per tal que es cancel·lin les forces gravitatòries de la Terra i la Lluna?
[1,25 punts]

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

25. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 2 (Part comuna)



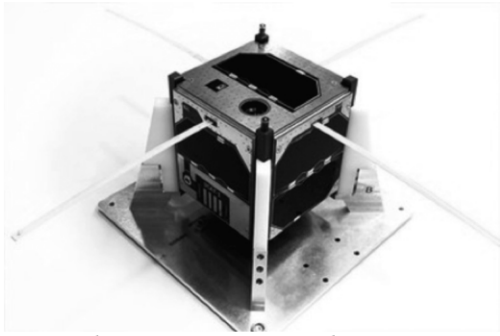
P2) La sonda *Juno* descriu una òrbita polar al voltant del planeta Júpiter des del dia 5 de juliol de 2016. La seva missió és estudiar l'atmosfera, l'origen i l'estructura de Júpiter, així com la seva evolució dins del Sistema Solar. Suposeu que l'òrbita és circular i que l'altura de l'òrbita sobre el planeta és de 4 300 km.

a) Calculeu l'energia cinètica de *Juno* i el seu període de rotació.
[1 punt]

b) Calculeu l'energia que caldria comunicar-li perquè abandonés el camp gravitatori de Júpiter.
[1 punt]

DADES: Massa de Júpiter, $M_J = 1{,}90 \times 10^{27}$ kg.
Radi de Júpiter, $R_J = 69\,911$ km.
Massa de la sonda *Juno*, $m_{Juno} = 3\,625$ kg.
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

26. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Part comuna)



FONT: *https://www.upc.edu.*

P2) El 29 de novembre de 2018, el nanosatèl·lit *CubeCat-1*, desenvolupat per estudiants i investigadors de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), es va llançar a l'espai des de la base espacial de Sriharikota, a la costa est de l'Índia, dins d'un coet de l'agència espacial índia ISRO.

El *CubeCat-1* té una massa d'1,30 kg i orbita a 530 km de la superfície de la Terra.

a) Calculeu el període orbital del *CubeCat-1* i indiqueu el nombre de voltes completes que fa cada dia al voltant de la Terra.
[1 punt]

b) Quin és el pes del nanosatèl·lit en la seva òrbita?
[1 punt]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.
$M_{Terra} = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
$R_{Terra} = 6{,}37 \times 10^{6}$ m.

27. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 2 (Part comuna)

P2) Determinar la massa i les posicions dels cossos celestes va ser, sens dubte, un gran repte per als primers astrònoms. Gràcies a les valuoses dades sobre les posicions dels astres que Tycho Brahe va recollir al llarg de la seva vida, Johannes Kepler va poder formular les seves famoses tres lleis.



Kepler (esquerra) i Brahe (dreta)

a) Deduïu la tercera llei de Kepler a partir de la segona llei de Newton i de la llei de la gravitació universal, suposant que els planetes descriuen moviments circulars uniformes al voltant del Sol.
[1 punt]

b) Determineu la massa del Sol emprant les dades que necessiteu de la taula següent:

Planeta	*Radi de l'òrbita (m)*	*Període (anys)*
Mercuri	$57{,}90 \times 10^9$	0,2408
Venus	$108{,}2 \times 10^9$	0,6152
Terra	$149{,}6 \times 10^9$	1,000
Mart	$228{,}0 \times 10^9$	1,881

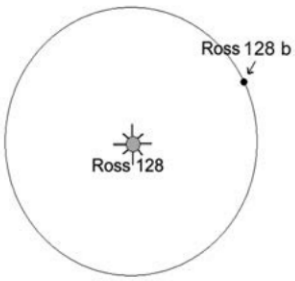
[1 punt]

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

28. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Un dels exoplanetes amb més possibilitats d'acollir vida és el Ross 128 b. Gira al voltant de l'estrella Ross 128 amb un període orbital de 9,9 dies, en una òrbita pràcticament circular de radi $7{,}42 \times 10^6$ km, i la seva massa és 1,35 vegades la massa de la Terra.

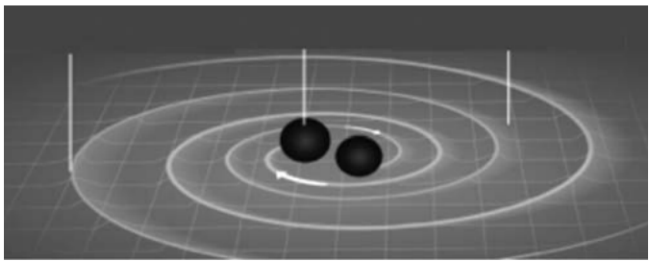


a) Calculeu la massa de l'estrella Ross 128.
[1 punt]

b) Suposant que l'exoplaneta Ross 128 b tingui la mateixa densitat que la Terra, calculeu-ne el radi i el mòdul de la intensitat del camp gravitatori a la seva superfície.
[1 punt]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
Massa de la Terra, $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg.
Radi de la Terra, $R_T = 6{,}37 \times 10^6$ m.

29. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Part comuna)



P2) Una vegada més, Einstein tenia raó. Cent anys després d'haver predit l'existència d'ones gravitatòries en la seva teoria general de la relativitat, han estat detectades, i aquesta detecció ha comportat la concessió del Premi Nobel de Física de l'any 2017. Les ones gravitatòries detectades van ser originades per la col·lisió de dos forats negres.

Igual que les ones gravitatòries, els forats negres també van ser descrits per la teoria general de la relativitat. Les idees bàsiques relatives als forats negres es poden entendre amb les lleis de Newton.

a) L'any 1783, noranta-sis anys abans del naixement d'Einstein, l'astrònom John Michell (1724-1793) va publicar que un cos esfèric que tingués la mateixa densitat que el Sol i 500 vegades el radi d'aquest tindria una velocitat d'escapament, des de la seva superfície, superior a la velocitat de la llum. Calculeu la massa del cos i aquesta velocitat d'escapament.

[1 punt]

b) Calculeu el mòdul de la intensitat del camp gravitatori que el cos de l'apartat anterior crea a la seva pròpia superfície. Quina força (mòdul, direcció i sentit) fa el cos sobre 1 μg situat a la seva superfície?

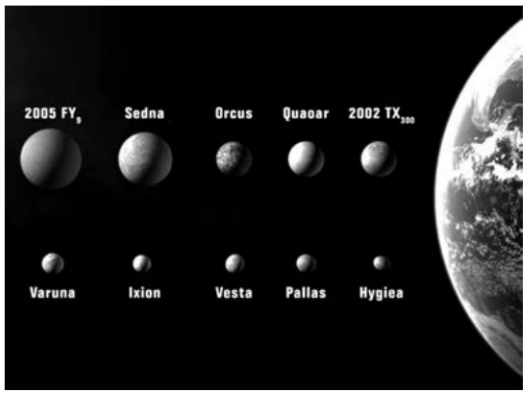
[1 punt]

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.
Massa del Sol, $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}$.
Radi del Sol, $R_S = 6{,}96 \times 10^{8}\ \text{m}$.

30. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Orcus (2004 DW), un objecte del Sistema Solar descobert el febrer del 2004, és un dels cossos celestes més grans del cinturó de Kuiper i un dels candidats a ser considerat, en el futur, planeta nan per la Unió Astronòmica Internacional (UAI). Orcus té, aproximadament, una massa de $6{,}41 \times 10^{20}$ kg, un radi de 459 km i un període orbital de 248 anys.



a) Calculeu la distància mitjana entre Orcus i el Sol en unitats astronòmiques (UA).
[1 punt]

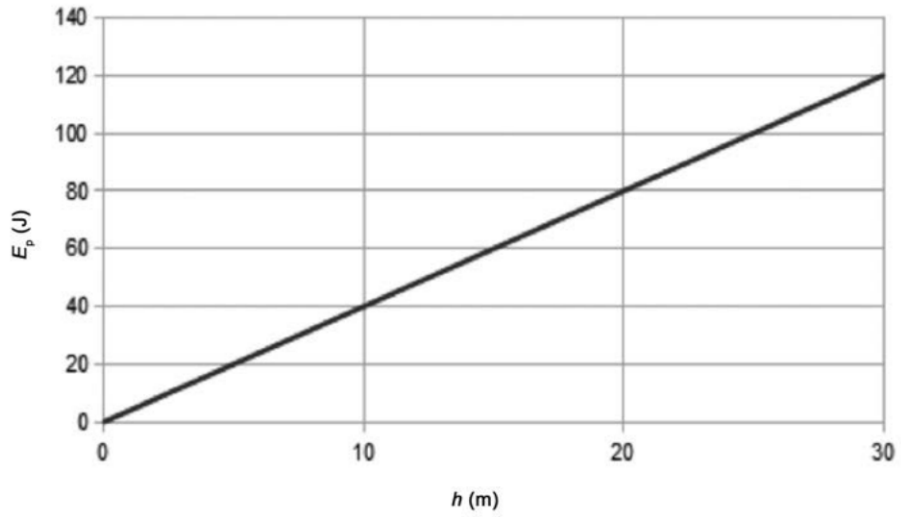
b) Determineu la velocitat d'escapament (deduïu la fórmula tenint en compte l'energia del cos que s'escapa) i la intensitat del camp gravitatori a la seva superfície.
[1 punt]

DADES: Radi orbital mitjà de la Terra = 1,00 UA.
Període orbital de la Terra = 1,00 any.
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

31. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) La gràfica següent mostra la variació de l'energia potencial en funció de l'altura d'un cos de 2,00 kg de massa a la superfície d'un planeta amb un radi de 5 000 km.



a) Calculeu l'acceleració de la gravetat a la superfície del planeta i la massa d'aquest.

b) Deduïu l'expressió de la velocitat d'escapament a partir del principi de conservació de l'energia i calculeu-la.

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

Convocatòria 2017

32. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA



P1) El projecte ExoMars és una missió espacial amb la finalitat de buscar vida al planeta Mart. En una primera fase, el 2016, constava d'un satèl·lit, l'*ExoMars Trace Gas Orbiter*, en òrbita circular al voltant de Mart a 400 km d'altura, i d'un mòdul de descens, l'*Schiaparelli*, que havia d'aterrar a Mart.

Però quan el mòdul de descens estava a 3,7 km d'altura sobre Mart, pràcticament aturat, els sistemes automàtics van interpretar erròniament que ja havia arribat a la superfície. Van aturar els retrocoets i el mòdul es va desprendre del paracaigudes. Com a resultat, l'*Schiaparelli* es va precipitar en caiguda lliure.

a) Calculeu el període de l'*ExoMars Trace Gas Orbiter*.

b) Determineu el valor de l'acceleració de la gravetat a la superfície de Mart i la velocitat a la qual la nau va impactar a la superfície. (Considereu que la gravetat és constant durant la caiguda i la fricció amb l'atmosfera de Mart és negligible.)

DADES: Massa de Mart = $6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart = $3{,}38 \times 10^{6}$ m.
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.

33. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA



P1) A finals de l'any 1933, a la Universitat de Stanford (EUA), Fritz Zwicky i Walter Baade van proposar per primera vegada l'existència de les estrelles de neutrons. Aquestes estrelles, formades només per neutrons, es poden originar després de l'explosió d'una supernova. Els neutrons que les formen són el resultat de la fusió de protons i electrons, provocada per la compressió que exerceix el camp gravitatori d'aquestes estrelles. Per a una estrella de neutrons determinada que té una massa de $2{,}9 \times 10^{30}$ kg i un radi de 10 km, calculeu:

a) El mòdul de la intensitat de camp gravitatori que l'estrella de neutrons crea a la seva pròpia superfície.

b) La velocitat mínima que hem de donar a un coet en el moment del llançament des de la superfície de l'estrella perquè es pugui escapar de l'atracció d'aquesta (ignoreu els possibles efectes relativistes). Demostreu l'expressió utilitzada per a fer el càlcul i feu esment del principi de conservació en què us baseu.

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$.

34. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El 6 d'agost de 2012, el robot *Curiosity* va ser dipositat damunt la superfície de Mart per una càpsula d'entrada atmosfèrica ideada pel Mars Science Laboratory. Aquesta càpsula va iniciar l'entrada a l'atmosfera a 125 km de la superfície de Mart i a una velocitat de 5 845 m s^{-1}. Les tècniques usades en el descens van fer que el vehicle arribés a la superfície marciana a una velocitat de només 0,60 m s^{-1}. Tenint en compte que la massa del *Curiosity* és de 899 kg, calculeu:

a) L'increment de l'energia mecànica del vehicle en el descens.

b) El mòdul de la intensitat de camp gravitatori que fa Mart en el punt inicial del descens del *Curiosity* i la força (mòdul, direcció i sentit) que el planeta fa sobre el robot en aquest punt.

DADES: Massa de Mart, $M_{Mart} = 6{,}42 \times 10^{23}$ kg.
Radi de Mart, $R_{Mart} = 3{,}39 \times 10^{6}$ m.
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

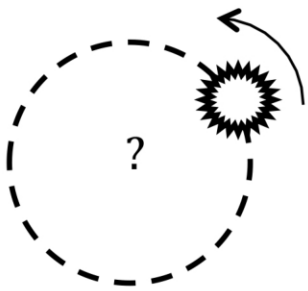


Imatge del *Curiosity* al cràter Gale, a la superfície de Mart (31 d'octubre de 2012)

35. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Un dels candidats a forat negre més pròxims a la Terra és A0620-00, que està situat a uns 3 500 anys llum. Es calcula que la massa d'aquest forat negre és de $2{,}2 \times 10^{31}$ kg. Encara que A0620-00 no és visible, s'ha detectat una estrella que descriu cercles amb un període orbital de 0,33 dies al voltant d'un lloc on no es detecta cap altre astre.



a) Deduïu la fórmula per a obtenir el radi d'una òrbita circular a partir de les magnituds proporcionades. Utilitzeu aquesta fórmula per a calcular el radi de l'òrbita de l'estrella que es mou al voltant d'A0620-00.

b) Calculeu la velocitat lineal i l'acceleració centrípeta de l'estrella i representeu els dos vectors $\boldsymbol{v}$ i $\boldsymbol{a}_c$ sobre una figura similar a la d'aquest problema.

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

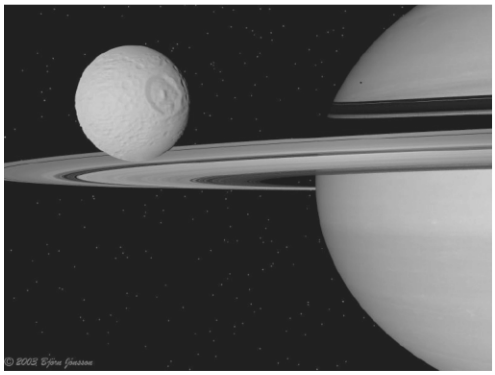
36. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3) La massa de Saturn crea un camp gravitatori al seu voltant. Un dels seus satèl·lits, Mimas, té una massa de $3{,}80 \times 10^{19}$ kg i descriu una òrbita pràcticament circular al voltant del planeta.

a) Si el període de Mimas al voltant de Saturn és de 22 h 37 min i 5 s, a quina altura per sobre de la superfície de Saturn orbita Mimas? A quina velocitat?

b) Quina és l'energia mecànica de Mimas? Què significa el signe del resultat?



DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$R_{\text{Saturn}} = 5{,}73 \times 10^{7}$ m.
$M_{\text{Saturn}} = 5{,}69 \times 10^{26}$ kg.

37. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3) Un aventurer desitjós de batre definitivament el rècord del món de caiguda lliure planeja deixar-se caure, partint d'un estat de repòs, des d'una altura de 330,0 km i no obrir el paracaigudes fins als 50,0 km d'altura. Calculeu:

a) L'acceleració de la gravetat quan comença el salt i quan obre el paracaigudes.

b) La velocitat que portarà quan sigui a 80,0 km d'altura (considereu negligible la resistència de l'aire).

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.
$M_{\text{Terra}} = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.
$R_{\text{Terra}} = 6\,370$ km.



38. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El 1877, l'astrònom Asaph Hall va descobrir els satèl·lits del planeta Mart: Fobos i Deimos. El dia 6 d'agost de 2012, el robot *Curiosity* va arribar al planeta Mart i des de llavors envia informació a la Terra sobre les característiques d'aquest planeta. A partir de les dades subministrades, calculeu:



a) La massa del planeta Mart.

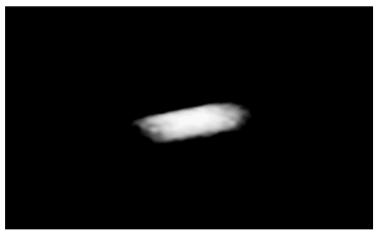
b) El radi de l'òrbita de Deimos i la velocitat d'escapament del robot *Curiosity* des de la superfície del planeta.

DADES: Radi de Mart, $R_{Mart} = 3\,390$ km
Acceleració de la gravetat en la superfície de Mart, $g_{Mart} = 3{,}71\ \text{m s}^{-2}$
Període orbital de Deimos, $T_{Deimos} = 30{,}35$ h
Massa de Deimos, $m_{Deimos} = 2 \times 10^{15}$ kg
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$

39. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3) Galatea és el quart satèl·lit de Neptú més allunyat del planeta. Va ser descobert per la sonda espacial *Voyager 2* l'any 1989. Suposem que l'òrbita que descriu és circular.



Imatge de Galatea vista per la sonda *Voyager 2*

a) Calculeu la velocitat lineal orbital de Galatea en el sistema de referència centrat en Neptú i calculeu la massa de Neptú.

b) Calculeu el valor de la intensitat de camp gravitatori que Neptú crea a la seva pròpia superfície.

DADES: Període de l'òrbita de Galatea, $T_{Galatea} = 0{,}428$ dies
Radi de l'òrbita de Galatea, $R_{Galatea} = 6{,}20 \times 10^4$ km
Radi de Neptú, $R_{Neptú} = 2{,}46 \times 10^4$ km
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$

40. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3) L'*Estació Espacial Internacional* es mou en una òrbita pràcticament circular al voltant de la Terra a 385 km d'altura sobre la superfície terrestre. Des de la superfície terrestre som capaços de veure l'estació orbital.



a) Quina és la velocitat lineal orbital de l'estació i quin és el temps que s'ha d'esperar entre dues visualitzacions consecutives?

b) Des de l'estació espacial es vol llançar un coet que escapi de l'atracció terrestre. Considerant negligible la massa de l'estació, quina velocitat addicional hem de donar al coet en el moment del llançament?

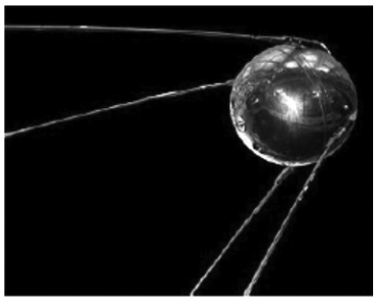
DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$
$M_{\mathrm{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$
$R_{\mathrm{Terra}} = 6\,370\ \mathrm{km}$

NOTA: Considereu negligible el moviment de rotació de la Terra.

41. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3) L'*Sputnik 1* va ser el primer satèl·lit artificial de la història. Consistia en una esfera d'alumini de 58 cm de diàmetre, que allotjava dins seu l'instrumental científic i de transmissions i amb quatre antenes longitudinals adossades a la part exterior. Tenia una massa de 83,6 kg i el seu període orbital era de 96,2 minuts. Actualment, hi ha rèpliques del satèl·lit en diversos museus del món, com la que es mostra en la fotografia.



a) Expliqueu raonadament si l'*Sputnik 1* pot ser considerat un satèl·lit geostacionari. Suposant que l'òrbita hagués estat circular, calculeu-ne l'altura sobre la superfície de la Terra.

b) L'*Sputnik 1* va ser llançat a prop de Baikonur, ciutat del Kazakhstan que es troba a uns 45,5° de latitud nord. A aquesta latitud, els objectes en repòs sobre la superfície de la Terra van a una velocitat d'uns 325 m/s a causa de la rotació del planeta. Calculeu l'energia que va caldre subministrar a l'*Sputnik 1* per a situar-lo en la seva òrbita circular.

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$
$M_{\mathrm{Terra}} = 5{,}97 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$
$R_{\mathrm{Terra}} = 6\,370\ \mathrm{km}$

OPCIÓ B

P3) ***a)*** Demostreu, a partir del principi de conservació de l'energia mecànica, que la velocitat d'escapament des d'un punt pròxim a la superfície d'un astre esfèric de massa M i radi R és $v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$.

b) Un objecte es llança verticalment des de la superfície de la Lluna amb una velocitat igual a la meitat de la velocitat d'escapament de la Lluna. Calculeu a quina altura màxima arribarà abans de tornar a caure.

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$
$M_{\text{Lluna}} = 7{,}35 \times 10^{22}\ \text{kg}$
$R_{\text{Lluna}} = 1\,737\ \text{km}$

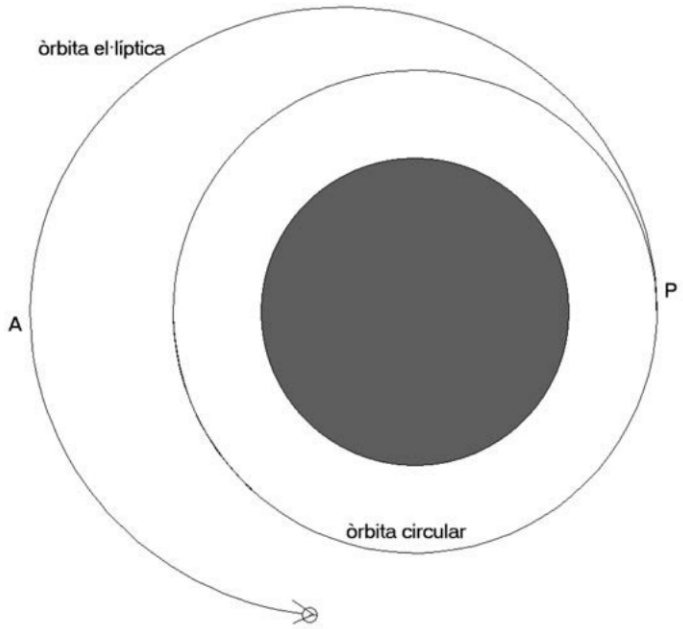
PART COMUNA

P1) Un satèl·lit de 2 000 kg de massa gira en una òrbita circular a una altura de 3 630 km sobre la superfície de la Terra.

a) Calculeu el període d'aquesta òrbita circular i la velocitat del satèl·lit.

En passar pel punt P, el satèl·lit augmenta la velocitat fins a $7{,}00 \times 10^3$ m s^{-1} i passa a descriure una òrbita el·líptica amb una altura màxima (apogeu) en el punt A de 9 530 km.

b) Calculeu l'energia cinètica, l'energia potencial gravitatòria i l'energia mecànica total en els punts P i A en la nova òrbita el·líptica.



DADES: $M_{Terra} = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}
$R_{Terra} = 6\,370$ km

44. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El *Meteosat* és un satèl·lit meteorològic llançat per l'Agència Espacial Europea (ESA) que proporciona informació meteorològica d'Àfrica i Europa. Com que l'objectiu del *Meteosat* és oferir imatges d'una mateixa zona del planeta, el satèl·lit segueix una òrbita geostacionària: gira en el pla equatorial a la mateixa velocitat angular que la Terra.



a) A quina distància de la superfície terrestre es troba el *Meteosat*?

b) Quina és l'energia cinètica del *Meteosat*? Quina energia mínima caldria proporcionar-li perquè s'allunyés indefinidament de la Terra?

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$
$R_{\text{Terra}} = 6\,370\ \text{km}$
$M_{\text{Terra}} = 5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}$
$m_{Meteosat} = 2{,}00 \times 10^{3}\ \text{kg}$

45. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Un meteorit, de 400 kg de massa, cau sobre la Lluna amb una trajectòria perpendicular a la superfície d'aquest satèl·lit. Quan es troba a 10 000 km de la superfície lunar, la velocitat del meteorit és de 15 000 km/h.

a) Determineu el valor de la velocitat amb què el meteorit arriba a la superfície de la Lluna.

b) Calculeu l'energia mecànica que té el meteorit a 10 000 km de la Lluna i la que té un cos de la mateixa massa situat en una òrbita a aquesta mateixa altura sobre la superfície de la Lluna. Indiqueu quina de les dues energies mecàniques és més gran.

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$
$M_{\text{Lluna}} = 7{,}35 \times 10^{22}\ \text{kg}$
$R_{\text{Lluna}} = 1{,}74 \times 10^{6}\ \text{m}$

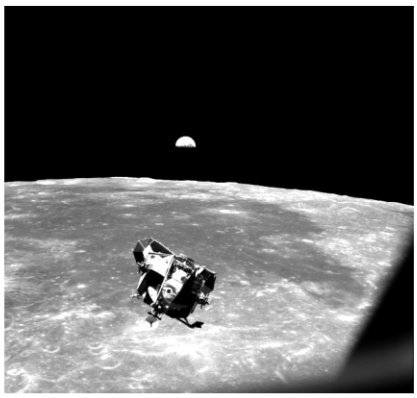
46. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) L'any 1969, el mòdul de comandament *Columbia*, de la missió Apollo 11, tripulada per l'astronauta Michael Collins, orbitava a 100 km d'altura sobre la superfície de la Lluna amb un període de 118 minuts. Mentrestant, Neil Armstrong i Edwin Aldrin, els altres dos tripulants, caminaven sobre la Lluna. Calculeu:

a) La massa de la Lluna i la intensitat del camp gravitatori a la superfície lunar.

b) La velocitat d'escapament des de la superfície lunar.



DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$

$R_{\mathrm{Lluna}} = 1{,}74 \times 10^{3}\ \mathrm{km}$

47. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El sistema de navegació europeu Galileu estarà format per trenta satèl·lits distribuïts en tres plans orbitals a $2{,}36 \times 10^{4}$ km d'altura sobre la Terra, i cada un d'ells descriurà una òrbita circular. Calculeu:

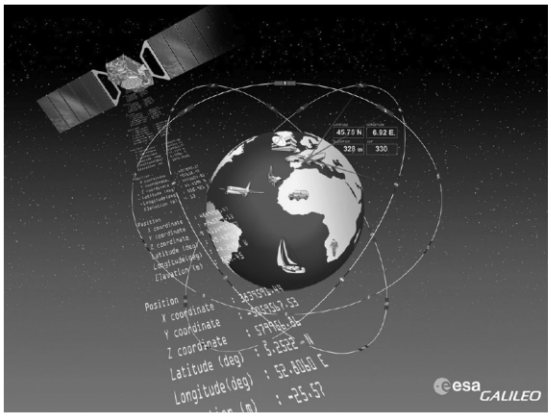
a) Quin període de rotació tindran aquests satèl·lits?

b) Quina serà la velocitat orbital dels satèl·lits?

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$

$R_{\mathrm{Terra}} = 6{,}37 \times 10^{6}\ \mathrm{m}$

$M_{\mathrm{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$



Esquema de les òrbites dels satèl·lits Galileu

48. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Ceres és el planeta nan més petit del Sistema Solar i durant molts anys va ser considerat un asteroide, ja que està situat en el cinturó que hi ha entre Mart i Júpiter. Ceres té un període orbital al voltant del Sol de 4,60 anys, amb una massa de $9{,}43 \times 10^{20}$ kg i un radi de 477 km. Calculeu:



a) Quin és el valor de la intensitat de camp gravitatori que Ceres crea a la seva superfície? Quina és la velocitat i l'energia mecànica mínima d'una nau espacial que, sortint de la superfície, escapés totalment de l'atracció gravitatòria del planeta?

b) La distància mitjana entre Ceres i el Sol, tenint en compte que la distància mitjana entre la Terra i el Sol mesura $1{,}50 \times 10^{11}$ m i que el període orbital de la Terra al voltant del Sol és d'un any.

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$

49. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) Al voltant de l'estrella WASP-18, que té una massa de $2{,}66 \times 10^{30}$ kg, s'ha descobert un planeta que gira en una òrbita aproximadament circular amb un període orbital excepcionalment curt: només 22,6 hores. La massa del planeta és deu vegades més gran que la massa de Júpiter.

a) Calculeu el radi de l'òrbita d'aquest planeta.

b) Calculeu l'energia cinètica del planeta en el seu moviment orbital i l'energia mecànica del sistema format per l'estrella i el planeta.

DADES: $M_{\text{Júpiter}} = 1{,}90 \times 10^{27}$ kg;
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

50. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El febrer del 2009 es va descobrir CoRoT-7b, un dels planetes extrasolars més petits trobats fins ara. El planeta CoRoT-7b gira al voltant de l'estel CoRoT-7, en una òrbita pràcticament circular de $2{,}58 \times 10^9$ m de radi, i fa una volta a aquest estel cada 20,5 h. La massa del planeta és $2{,}90 \times 10^{25}$ kg i té un radi de $1{,}07 \times 10^7$ m. Calculeu:

a) La massa de l'estel CoRoT-7.

b) L'acceleració de la gravetat en la superfície del planeta CoRoT-7b i la velocitat d'escapament en aquest planeta.

DADA: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$.

51. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1 (Part comuna)

PART COMUNA

P1) El satèl·lit *Terra* de la NASA està dissenyat per a recollir dades sobre la superfície de la Terra, els oceans i l'atmosfera, amb l'objectiu d'estudiar la interrelació entre aquests medis i els sistemes biològics existents. El satèl·lit segueix una òrbita circumpolar (circular en el pla que passa pels dos pols) a 760 km de la superfície de la Terra i té una massa de $4{,}86 \times 10^3$ kg.

a) Quin és el període del moviment del satèl·lit en la seva òrbita?

b) Calculeu l'energia necessària que hem de subministrar al satèl·lit per a enviar-lo a la seva òrbita, si és llançat des de la superfície de la Terra.

DADES: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N m}^2\ \text{kg}^{-2}$;
$M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg;
$R_{\text{Terra}} = 6{,}38 \times 10^6$ m.

52. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

P2) Disposem de les dades següents del Sistema Solar:

DADES: $1\,\text{UA} = 1{,}496 \times 10^{11}\,\text{m}$; $R_{\text{Terra}} = 6{,}378 \times 10^{6}\,\text{m}$;
$M_{\text{Terra}} = 5{,}974 \times 10^{24}\,\text{kg}$; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.

Planetes	*Distància mitjana al Sol (UA)*	*Període orbital (anys)*	*Radi mitjà* / R_{Terra}	*Massa*/M_{Terra}
Mercuri	0,387	0,240 8	0,386	0,055
Venus	0,723	0,615 2	0,949	0,815
Terra	1	1,000	1	1
Mart	1,52	1,881	0,532	0,107
Júpiter	5,20	11,86	11,2	318
Saturn	9,54	29,45	9,45	95
Urà	19,2	84,02	4,01	14
Neptú	30,1	164,8	3,88	17

a) Calculeu el valor de la constant de la tercera llei de Kepler per a Venus, Júpiter i Saturn. Expresseu-la amb les xifres significatives adequades i amb les unitats que figuren en la taula. Amb els valors calculats, determineu el valor més correcte de la constant per al Sistema Solar.

b) Calculeu la massa del Sol i l'acceleració de la gravetat a la superfície de Mart.

53. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A

P3)

a) A la superfície d'un planeta, l'acceleració de la gravetat és $g_s = 9\,\text{m/s}^2$, i a una altura $h = 100\,\text{km}$, és $g_h = 8{,}7\,\text{m/s}^2$. Determineu el radi d'aquest planeta.

b) És possible que un satèl·lit artificial orbiti al voltant de la Terra a una velocitat de 10 km/s? Calculeu l'hipotètic radi d'aquesta òrbita i compareu-lo amb el radi de la Terra per justificar la resposta.

DADES: $M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \times 10^{24}\,\text{kg}$; $R_{\text{Terra}} = 6\,371\,\text{km}$; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N m}^2\,\text{kg}^{-2}$.

54. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 1

P1) La distància mitjana del planeta Júpiter al Sol és 5,203 vegades la distància mitjana de la Terra al Sol. La massa de Júpiter és 317,8 vegades la massa de la Terra, i té un radi que és 10,52 vegades el radi terrestre. Suposem que les òrbites dels planetes que giren al voltant del Sol són circulars. Calculeu:

a) La durada de l'«any» de Júpiter, és a dir, el temps que triga Júpiter a fer una volta entorn del Sol.

b) La velocitat d'escapament a la superfície de Júpiter.

DADES: $R_{\text{Terra}} = 6\,367\,\text{km}$; $g = 9{,}80\,\text{m/s}^2$.

55. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5) L'òrbita de la Terra al voltant del Sol es pot considerar circular, amb un període d'un any i un radi d'$1{,}50 \cdot 10^8$ km. Considerant únicament el sistema format pel Sol i la Terra:

a) Calculeu la massa del Sol.

b) Determineu l'energia mecànica total (cinètica i potencial) de la Terra.

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$; $M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg.

56. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció B)

P5) El 4 d'octubre de 1957 es va llançar a l'espai el primer satèl·lit artificial, l'*Sputnik 1*, que va descriure una òrbita a 586 km d'altura sobre la superfície de la Terra. Suposant que aquesta òrbita era circular i sabent que la massa de l'*Sputnik 1* era 83,6 kg, calculeu:

a) El període de rotació del satèl·lit en l'òrbita que descrigué al voltant de la Terra.

b) La velocitat a què anava l'*Sputnik 1* en girar i la intensitat del camp gravitatori en la seva òrbita.

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$; $M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_{\text{Terra}} = 6{,}37 \cdot 10^{6}$ m.

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Organització de Proves d'Accés a la Universitat

Proves d'Accés a la Universitat. Curs 2009-2010

Física

Sèrie 4

L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents.

Cada problema val 2 punts.

57. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1

P1) L'Estació Espacial Internacional (ISS, *International Space Station*) és fruit de la col·laboració internacional per a construir i mantenir una plataforma d'investigació amb presència humana de llarga durada a l'espai. Suposeu que la ISS té una massa de $3{,}7 \cdot 10^5$ kg i que descriu una òrbita circular al voltant de la Terra a una distància de $3{,}59 \cdot 10^5$ m des de la superfície. Calculeu:

a) La velocitat de l'Estació Espacial Internacional i el temps que triga a fer una volta a la Terra.

b) L'energia mecànica de la ISS. Justifiqueu el signe del valor trobat.

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$;
$M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg;
$R_{\text{Terra}} = 6{,}37 \cdot 10^6$ m.

58. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 1

P1) El 15 d'octubre de 2003, la Xina va posar en òrbita la seva primera nau espacial tripulada, de manera que esdevingué el tercer país del món a assolir aquesta fita. La nau tenia una massa de 7 790 kg i un període orbital de 91,2 minuts. Calculeu:

a) L'altura de l'òrbita sobre la superfície de la Terra, si suposem que és circular.

b) L'increment d'energia cinètica que caldria comunicar a la nau quan es troba en òrbita, perquè s'allunyi indefinidament de l'atracció terrestre.

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$; $M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_{\text{Terra}} = 6{,}37 \cdot 10^6$ m.

59. PAU 2009 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 1

P1) La primera missió europea dedicada a estudiar l'origen de l'Univers enviarà a l'espai el satèl·lit *Planck*, que analitzarà la radiació de fons provinent del *Big Bang*. El satèl·lit *Planck* es llançarà l'any 2009, tindrà una massa de 1 800 kg i se situarà en una òrbita al voltant de la Terra que es troba a 1,5 milions de kilòmetres del centre del planeta. Suposeu que el satèl·lit descriurà una òrbita circular.
Calculeu:

a) La velocitat del satèl·lit i els dies que tardarà a fer una volta a la Terra.

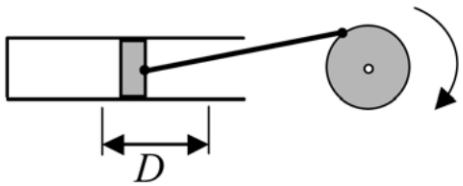
b) L'energia cinètica, l'energia potencial gravitatòria i l'energia mecànica del satèl·lit *Planck* quan estigui en aquesta òrbita.

c) La velocitat a la qual arribaria a la superfície terrestre, si per alguna circumstància la velocitat del satèl·lit esdevingués nul·la. Considerem negligible el fregament amb l'aire quan entrés a l'atmosfera terrestre.

DADES: $M_{\text{Terra}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_{\text{Terra}} = 6{,}38 \cdot 10^{6}$ m; $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2 $\cdot$ kg^{-2}.

Q1) Una lupa és una lent convergent que s'utiliza per a veure més grans els objectes propers. Feu la representació gràfica per a trobar la imatge que produeix una lupa quan situem un objecte en forma de fletxa entre la lent i el focus, perpendicularment a l'eix òptic de la lupa. Si volem veure la fletxa més gran respecte de la mida real, haurem situat bé la fletxa? La veurem dreta o invertida? La imatge serà real o virtual?

Q2) L'èmbol d'una màquina de vapor té un recorregut $D = 100$ cm i comunica a l'eix una velocitat angular de 60 rpm. Si considerem que el moviment de l'èmbol descriu un moviment harmònic simple, deduïu el valor de la velocitat que té quan és a una distància de 20 cm d'un dels extrems del recorregut.



Opció B

P2) Els satèl·lits GPS (*global positioning system*, 'sistema de posicionament global') descriuen òrbites circulars al voltant de la Terra. El conjunt dels satèl·lits permet que en qualsevol punt de la Terra una persona amb un receptor GPS pugui determinar la posició on es troba amb una precisió de pocs metres. Tots els satèl·lits GPS estan a la mateixa altura i fan dues voltes a la Terra cada 24 hores. Calculeu:

a) La velocitat angular dels satèl·lits i l'altura de la seva òrbita, mesurada sobre la superfície de la Terra.

b) L'energia mecànica i la velocitat lineal que té un d'aquests satèl·lits GPS en la seva òrbita.

c) La nova velocitat i el temps que trigaria a fer una volta a la Terra, si féssim orbitar un d'aquests satèl·lits a una altura doble.

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_{\text{TERRA}} = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_{\text{TERRA}} = 6\,380$ km; $M_{\text{SAT}} = 150$ kg.

Les dues qüestions següents tenen format de pregunta d'elecció múltiple. A cada pregunta (tant la 1 com la 2) es proposen tres respostes (*a*, *b*, *c*), de les quals només UNA és correcta. Trieu la resposta que considereu correcta i traslladeu-la al quadern de respostes. Indiqueu-hi el número de la qüestió, el número de la pregunta i, al costat, la lletra que precedeix la resposta que hàgiu triat (exemple: Q2-2-*c*). No cal que justifiqueu la resposta.

Q3) Fem oscil·lar un objecte lligat a una corda de 40 cm de longitud, com si fos un pèndol, de manera que quan l'objecte es troba en el punt més alt de la trajectòria la corda forma un angle de 37° amb la vertical.

1. L'objecte passarà pel punt més baix del recorregut a una velocitat de
- ***a***) 2,50 m/s.
- ***b***) 2,80 m/s.
- ***c***) 1,26 m/s.

2. La tensió de la corda
- ***a***) és màxima en el punt més alt del recorregut.
- ***b***) és màxima en el punt més baix del recorregut.
- ***c***) fa un treball positiu sobre l'objecte quan passa del punt més alt al més baix de la trajectòria.

Q4) Un dispositiu llança, al mateix temps, en la mateixa direcció i en sentits oposats, un protó i un electró. És a dir: $\vec{v}(\text{protó}) = -v\vec{j}$, $\vec{v}(\text{electró}) = +v\vec{j}$.

1. Quan aquest dispositiu es col·loca dins un camp magnètic $\vec{B} = +B\vec{i}$:
- ***a***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qvB\vec{k}$.
- ***b***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qvB\vec{k}$.
- ***c***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qvB\vec{k}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qvB\vec{k}$.

2. Quan el dispositiu es col·loca dins un camp elèctric $\vec{E} = +E\vec{j}$:
- ***a***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = +qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qE\vec{j}$.
- ***b***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = +qE\vec{j}$.
- ***c***) Sobre el protó actua una força $\vec{F} = -qE\vec{j}$ i, sobre l'electró, $\vec{F} = -qE\vec{j}$.

NOTA: q representa el valor absolut de la càrrega de l'electró i la del protó.

Proves d'accés a la Universitat. Curs 2008-2009

Física

Sèrie 3

Feu el problema P1 i responeu a les qüestions Q1 i Q2. A continuació, escolliu UNA de les opcions (A o B): feu el problema P2 i responeu a les qüestions Q3 i Q4 de l'opció escollida. Totes les respostes s'han de raonar i justificar.

Cada problema val 3 punts (1 punt per cada apartat). Les qüestions Q1 i Q2 valen 1 punt cadascuna.

Cada qüestió de l'opció A val 1 punt.

Les qüestions de l'opció B puntuen entre totes dues un màxim de 2 punts. Cada qüestió de l'opció B consta de dues preguntes d'elecció múltiple que tenen només una resposta correcta. Respondre encertadament es valorarà amb 0,50 punts; cada resposta en blanc, amb 0 punts, i per cada resposta errònia es descomptaran 0,25 punts. En tot cas, la nota mínima conjunta de les qüestions de l'opció B no serà inferior a 0 punts.

Podeu utilitzar la calculadora científica per al càlcul de funcions exponencials, logarítmiques, trigonomètriques i especials, així com per a efectuar càlculs estadístics. No es poden fer servir, però, calculadores o altres aparells que portin informació emmagatzemada o que puguin transmetre o rebre informació.

61. PAU 2008 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 1

P1) A partir de les dades sobre Júpiter i la Terra del quadre següent, trobeu:

a) L'acceleració de la gravetat a la superfície de Júpiter.

b) La velocitat d'escapament de la superfície de Júpiter.

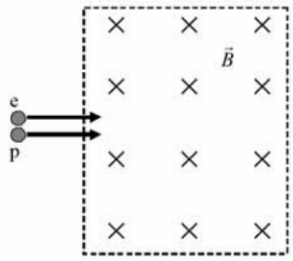
c) Els anys que tarda Júpiter a fer una volta entorn del Sol.

Dades bàsiques	*Júpiter*	*Terra*
Radi equatorial	71 492 km	6 378 km
Distància mitjana respecte al Sol	778 330 000 km	149 600 000 km
Període de revolució entorn del Sol		1 any
Massa	318 M_{Terra}	$5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg
Gravetat superficial a l'equador		9,8 m/s^2

Q1) Un bloc de massa 20 kg cau lliscant per un pla inclinat, salvant un desnivell de 25 m. Si parteix del repòs i assoleix una velocitat final de 15 m/s, determineu l'energia perduda per fricció.

Q2) Un protó i un electró, ambdós a la mateixa velocitat, $\vec{v}_0$, penetren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme perpendicular a la velocitat de les partícules, tal com s'indica a la figura de sota. Dibuixeu i justifiqueu la trajectòria que descriu cada partícula. Determineu la relació existent entre els radis de les seves òrbites.

DADES: $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg; $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg; $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.



62. PAU 2007 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

Opció A

P2) Un satèl·lit de massa 350 kg descriu òrbites circulars entorn de la Terra a una altura de 630 km.

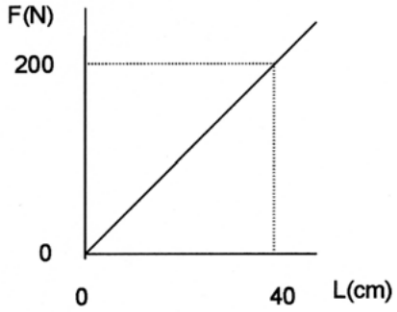
a) Quant val la intensitat del camp gravitatori creat per la Terra a aquesta altura?

b) Quant val l'acceleració centrípeta del satèl·lit?

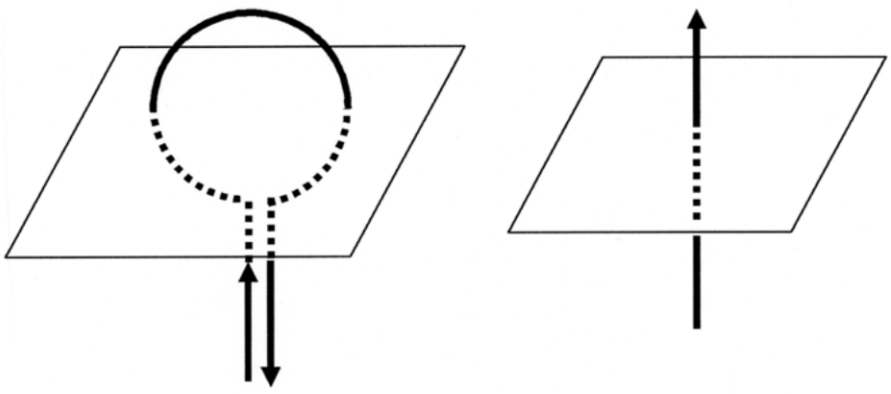
c) Quant val l'energia mecànica del satèl·lit?

DADES: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$; $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$; $R_T = 6{,}37 \cdot 10^{6}\ \mathrm{m}$.

Q3) La gràfica representa la força que cal fer per a estirar una molla en funció de l'allargament. Quina és la constant recuperadora de la molla? Quin treball cal fer per a estirar la molla 30 cm a partir de la seva longitud natural?



Q4) Dibuixeu les línies de camp magnètic que generen les dues distribucions de corrent de la figura en el pla perpendicular que està dibuixat. Justifiqueu breument la resposta.



63. PAU 2007 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 1

P1) El 19 d'octubre de 2006 es va llençar un nou satèl·lit de la família Meteosat, el *MetOp-A*. Aquest satèl·lit té una massa de 4 085 kg i descriu una òrbita polar (òrbita que passa pels pols i és perpendicular al pla de l'equador) a una altura de 800 km sobre la superfície de la Terra. Calculeu:

a) A quina velocitat orbita.

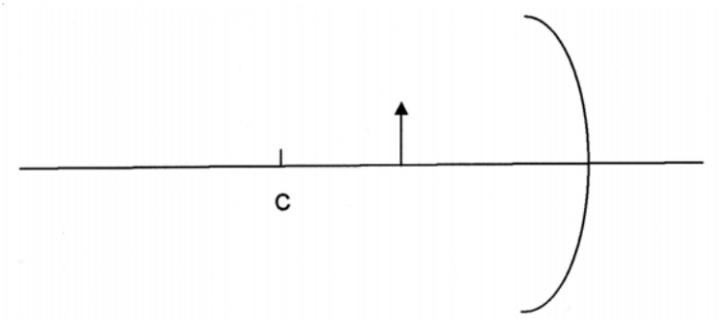
b) Quantes vegades passa pel pol Nord diàriament.

c) Quina energia mecànica té.

DADES: $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_T = 6\,400$ km; $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2}.

Q1) Una partícula carregada positivament, de massa $1 \cdot 10^{-9}$ kg i mòdul de la velocitat 100 m/s, descriu un moviment circular uniforme de 0,2 m de radi, en presència d'un camp magnètic de 0,05 T perpendicular al pla de la trajectòria. Calculeu el valor de la càrrega de la partícula.

Q2) Enumereu les propietats (real o virtual, dreta o invertida, major o menor) de la imatge que ens retorna una cullera per la part còncava. Per a demostrar-les, dibuixeu la marxa dels raigs i la imatge que s'obté de la fletxa en el mirall esfèric còncau de la figura. El punt C és el centre de curvatura del mirall.



64. PAU 2006 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 1

P1. La massa de Saturn és de $5{,}69 \cdot 10^{26}$ kg. Un dels seus satèl·lits, Mimas, té una massa de $3{,}8 \cdot 10^{19}$ kg i un radi d'$1{,}96 \cdot 10^{5}$ m, i descriu una òrbita pràcticament circular al voltant de Saturn de radi $1{,}86 \cdot 10^{8}$ m. Determineu:

a) El període de revolució de Mimas al voltant de Saturn.
b) El valor de l'acceleració de la gravetat a la superfície de Mimas.
c) La velocitat d'escapament de la superfície de Mimas.

Dada: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$

Q1. Indiqueu si són nul·les o no cadascuna de les components intrínseques de l'acceleració (normal i tangencial) d'un mòbil que descriu:

a) Un moviment circular uniformement accelerat.
b) Un moviment vibratori harmònic simple.

Justifiqueu la resposta.

Q2. Una ona elàstica ve descrita per l'equació d'ones $y\,(x,t) = 0{,}1 \sin 2\pi\,(x - 10\,t)$, en unitats de l'SI. Determineu:

a) La longitud d'ona i el període.
b) La velocitat de propagació de l'ona.

Districte un
itari de Catalunya
ves d'Accés a la Universitat

65. PAU 2005 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 1

P1. Tres masses puntuals, m_1 = 1 kg, m_2 = 2 kg i m_3 = 3 kg, estan situades als vèrtexs d'un triangle equilàter de costat $a = \sqrt{3}$ m, en una regió de l'espai on no hi ha cap altre camp gravitatori que el creat per les tres masses. Determineu:

a) El treball que s'ha fet per portar les masses des de l'infinit fins a la seva configuració actual (aquest treball correspon a l'energia potencial gravitatòria de la configuració).
b) El potencial gravitatori en el punt mitjà del segment que uneix m_1 i m_3.
c) El mòdul de la força d'atracció gravitatòria que experimenta la massa m_1.

Dada: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m^2/kg^2.

Q1. Un vagó de massa 1.000 kg es desplaça a una velocitat constant de 5 m/s per una via horitzontal sense fricció. En un moment determinat xoca amb un altre vagó de massa 2.000 kg que estava aturat, de manera que després de la col·lisió queden units. Calculeu:

a) La velocitat que tindrà el conjunt després del xoc.
b) L'energia mecànica perduda en el xoc.

Q2. La posició d'una partícula puntual de massa 500 g que descriu un moviment vibratori harmònic ve donada, en unitats del SI, per $x = 0{,}30 \sin (20\ \pi\ t)$. Calculeu:

a) L'energia cinètica màxima de la partícula.
b) La força màxima que actua sobre ella.

66. PAU 2005 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2. Júpiter és l'objecte més màssic del sistema solar després del Sol. La seva òrbita al voltant del Sol es pot considerar circular, amb un període d'11,86 anys. Determineu:

a) La distància de Júpiter al Sol.
b) La velocitat de Júpiter en la seva òrbita al voltant del Sol.
c) L'energia mecànica total (cinètica i potencial) de Júpiter.

Dades: massa de Júpiter $m = 1{,}9 \cdot 10^{27}$ kg, massa del Sol $M = 2{,}0 \cdot 10^{30}$ kg, constant de la gravitació universal $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m^2/kg^2.

Q3. Un mirall esfèric còncau té un radi de curvatura *R*. Dibuixeu els diagrames de raigs necessaris per localitzar la imatge d'un objecte petit en forma de fletxa situat sobre l'eix del mirall, a una distància *d* de l'extrem del mirall, en els casos següents:

a) $d = 2R$.
b) $d = R/3$.

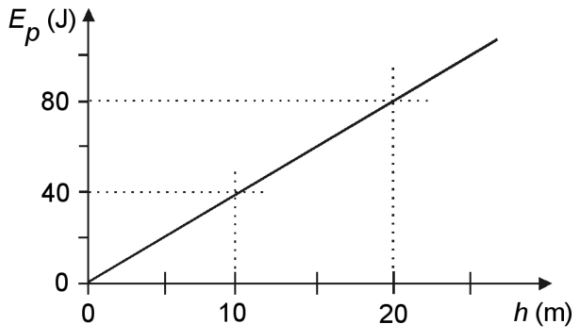
Indiqueu en cada cas si la imatge és virtual o real, dreta o invertida, reduïda o ampliada.

Q4. Una ona electromagnètica que es propaga en el buit té una longitud d'ona $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ m. Calculeu la seva longitud d'ona quan penetra en un medi d'índex de refracció $n = 1{,}5$.

67. PAU 2004 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 2 (Opció B)

OPCIÓ B

P2. El gràfic adjunt mostra com varia l'energia potencial gravitatòria d'un cos de massa 2 kg, en un planeta de radi R = 5.000 km, amb la distància h a la superfície del planeta (suposant que h és molt més petita que R).



Calculeu:

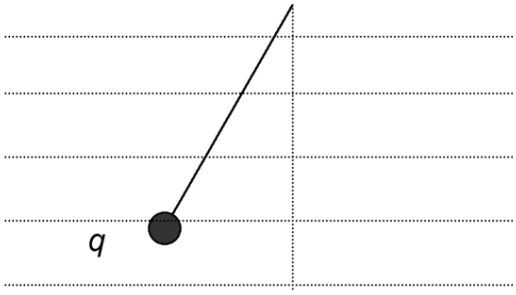
a) L'acceleració de la gravetat a la superfície del planeta esmentat.
b) La massa del planeta.
c) La velocitat d'escapament en el planeta.

Dada: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$.

Q3. Un tren d'ones travessa un punt d'observació. En aquest punt, el temps transcorregut entre dues crestes consecutives és de 0,2 s. De les afirmacions següents, escolliu la que sigui correcta i justifiqueu la resposta.

a) La longitud d'ona és de 5 m.
b) La freqüència és de 5 Hz.
c) El període és de 0,4 s.
d) Cap de les afirmacions anteriors no és correcta.

Q4. Una partícula de massa m, carregada elèctricament i lligada a l'extrem d'una corda, es manté en equilibri dins d'un camp elèctric horitzontal uniforme.



Si assignem els nombres:

1: la càrrega és positiva
2: la càrrega és negativa
3: el camp elèctric apunta cap a l'esquerra
4: el camp elèctric apunta cap a la dreta

trieu, de les possibilitats següents, la que correspongui a la situació representada en la figura:

A) 1 i 4
B) 2 i 3
C) 1 i 3
D) 2 i 4

a) Traslladeu la resposta al quadernet de respostes, indicant el número de la pregunta i, al costat, la lletra que precedeix la resposta que considereu correcta (A, B, C o D).
b) Justifiqueu la resposta.

68. PAU 2003 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2. Un satèl·lit meteorològic, de massa 300 kg, descriu una òrbita circular geostacionària, de manera que es troba permanentment sobre el mateix punt de l'equador terrestre. Calculeu:

a) L'altura del satèl·lit mesurada des de la superfície de la Terra. [1 punt]
b) L'energia potencial i l'energia mecànica del satèl·lit en la seva òrbita geostacionària. [1 punt]
c) L'energia cinètica total que es va comunicar al satèl·lit en el moment del seu llançament des de la superfície terrestre per posar-lo en òrbita. [1 punt]

Dades: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$; $R_T = 6.370$ km; $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg

Q3. Un cos de massa m lligat a l'extrem d'una corda de longitud L descriu una trajectòria circular de radi L en un pla vertical. Quant val el treball realitzat per la tensió de la corda quan el cos va del punt més alt al punt més baix de la trajectòria? Quant val el treball realitzat pel pes del cos entre aquests mateixos punts?

Q4. Quina o quines de les magnituds següents varien quan un fotó passa d'un medi a un altre: la freqüència, la longitud d'ona, la velocitat, l'energia? Justifiqueu les respostes.

69. PAU 2003 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2. Un satèl·lit artificial de massa 1.500 kg descriu una trajectòria circular a una altura de 630 km de la superfície terrestre. Calculeu:

a) El període del satèl·lit.
b) L'energia cinètica i l'energia mecànica del satèl·lit en òrbita.
c) L'energia mínima que caldria comunicar al satèl·lit en òrbita perquè s'allunyés indefinidament de la Terra.

Dades: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2/kg^2}$; $R_T = 6.370$ km; $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg

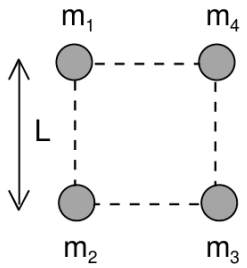
Q3. Una esfera metàl·lica de 10 cm de radi es carrega amb una càrrega positiva de 10^{-5} C. A continuació es connecta a una altra esfera metàl·lica, de 20 cm de radi, inicialment descarregada, i seguidament es desconnecta d'ella. Calculeu la càrrega de cada esfera a la situació final.

Q4. a) Expliqueu breument en què consisteix l'efecte fotoelèctric.
b) Suposeu que en irradiar un metall amb llum blava es produeix l'efecte fotoelèctric. Discutiu si també es produirà quan irradiem el metall amb llum groga, sabent que la llum groga té una freqüència més baixa que la llum blava. Justifiqueu la resposta.

70. PAU 2001 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2 (Opció B)

OPCIÓ B

P2. Quatre masses puntuals estan situades als vèrtexs d'un quadrat, tal com es veu a la figura.



Determineu:

a) El mòdul, direcció i sentit del camp gravitatori creat per les quatre masses en el centre del quadrat.
b) El potencial gravitatori en aquest mateix punt.
c) Si col·loquem una massa M = 300 kg en el centre del quadrat, quant valdrà la força sobre aquesta massa deguda a l'atracció gravitatòria del sistema format per les 4 masses? Indiqueu quines són les components horitzontal i vertical d'aquesta força.

Dades: $m_1 = m_2 = m_3 = 100$ kg; $m_4 = 200$ kg; L = 3 m; $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

Q3. Una partícula segueix una trajectòria circular de 3 m de radi. Si l'angle descrit ve donat per l'equació: $\varphi = t^2 - 1$, on φ està expressat en rad i t en s, quina és la longitud de l'arc recorregut entre els instants t = 1 s i t = 3 s?

Q4. El transport de corrent des de les centrals elèctriques fins als centres de consum es fa a voltatges elevats. Per què?

71. PAU 2000 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

Distribució universitària de Cat

P1. Un satèl·lit de $2 \cdot 10^3$ kg de massa gira al voltant de la Terra en una òrbita circular de $2 \cdot 10^4$ km de radi.

a) Sabent que la gravetat a la superfície de la Terra val $g_0 = 9{,}8$ m · s^{-2}, quin serà el valor de la gravetat en aquesta òrbita?
b) Quant val la velocitat angular del satèl·lit?
c) Si per alguna circumstància la velocitat del satèl·lit es fes nul·la, aquest començaria a caure sobre la Terra. Amb quina velocitat arribaria a la superfície terrestre? Suposeu negligible l'efecte del fregament amb l'aire.

Dada: Radi de la Terra: $R_T = 6.370$ km.

Q1. Una pilota cau des d'una altura H, xoca elàsticament amb el terra i rebota de manera que puja fins a la mateixa altura H. Raoneu si com a conseqüència del xoc ha canviat o no:

a) La quantitat de moviment de la pilota.
b) L'energia cinètica de la pilota.

Q2. Una ona harmònica de freqüència 550 Hz es propaga a una velocitat de 300 m/s. Quina és la distància mínima entre dos punts que en tot moment es troben en el mateix estat de vibració?

72. PAU 2000 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

OPCIÓ A

P2. Un satèl·lit artificial de 2.000 kg de massa gira en òrbita circular al voltant de la Terra a una altura $h_1 = 1.300$ km sobre la seva superfície. A causa del petit fregament existent s'acosta a la Terra lentament i, després d'uns mesos, l'altura sobre la superfície terrestre de la seva òrbita circular s'ha reduït fins a $h_2 = 200$ km. Es demana:

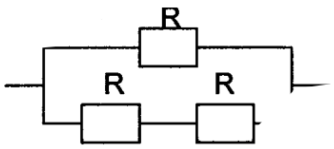
a) La relació g_1/g_2 entre els valors del camp gravitatori terrestre en cadascuna de les dues òrbites circulars.

b) La relació v_1/v_2 entre les velocitats del satèl·lit en cadascuna d'aquestes dues òrbites.

c) L'energia potencial del satèl·lit en la segona òrbita.

Dades: $R_T = 6{,}4 \cdot 10^6$ m; $M_T = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg; $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.

Q3. Sabent que les tres resistències del diagrama són iguals i que la resistència del conjunt és de 8 Ω, quin serà el valor de cadascuna de les resistències?



Q4. Expliqueu breument un fenomen relacionat amb la llum que pugui ser explicat satisfactòriament segons la teoria corpuscular de la llum però no segons la teoria ondulatòria.