



10<sup>ma</sup> Olimpiada Metropolitana de Física  
Departamento de Física  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA  
6 de septiembre de 2016  
Nivel avanzado



## 10<sup>ma</sup> Olimpiadas Metropolitanas de Física

Nivel avanzado  
Prueba de opciones múltiples

- Chequee que el nivel de su prueba sea adecuado.
- No se pueden usar libros ni apuntes.
- La prueba dura un total de 3 horas.
- Cada respuesta correcta suma 1 punto
- Los problemas de opción múltiple representan un 60 % del puntaje total.
- Complete y entregue la grilla de respuestas entregada





## Problema 1. Las aventuras de los autos inteligentes

Los vehículos inteligentes son automóviles sin conductor, operados por sistemas de inteligencia artificial y alimentados en tiempo real con información proveniente de mapas, sensores y cálculos inteligentes basados en algoritmos cada vez más precisos. Distracciones, consumo de alcohol, hablar por celular o enviar mensajes por WhatsApp, son algunas de las causas más comunes de los accidentes automovilísticos. Las máquinas robóticas que evalúan los movimientos de los automóviles sin chofer no se distraen, de modo que se espera que estos vehículos, en el futuro, permitan disminuir apreciablemente el número de accidentes de tránsito. Consideremos algunas situaciones con las que podría encontrarse este tipo de automóviles, e intentemos reproducir los cálculos que sus sistemas inteligentes deberían realizar para poder tomar las decisiones pertinentes.

### Pregunta 1

Un auto inteligente circula en una ruta de mano única. Justo delante de él se encuentra un camión que circula a una velocidad  $v = 72 \text{ km/h}$ . Los sensores del auto inteligente detectan a otro auto circulando sobre el carril opuesto a una distancia  $D = 600 \text{ m}$  (con respecto al auto inteligente) y con una velocidad de módulo  $v$  pero sentido contrario. La computadora del auto inteligente decide sobrepasar al camión. Si el camión tiene un largo  $d = 15 \text{ m}$  y la maniobra de cambiar de carril tarda un tiempo  $t_c = 3 \text{ s}$ , calcular la mínima aceleración que debe tener el auto para pasar al camión sin provocar accidentes. Suponga despreciable el largo del auto inteligente, considere que su velocidad en el instante inicial es la misma que la del camión y que ésta no varía durante el cambio de carril.

- a.  $a \simeq 0,37 \text{ m/s}^2$
- b.  $a \simeq 8,93 \text{ m/s}^2$
- c.  $a \simeq 0,13 \text{ m/s}^2$
- d.  $a \simeq 1,73 \text{ m/s}^2$
- e.  $a \simeq 2,57 \text{ m/s}^2$

### Pregunta 2

Los autos inteligentes pueden ser programados para ser ecológicos, es decir, consumir la menor cantidad de energía en ir de un punto a otro. La energía que consumen es proporcional a la distancia que recorren y al tiempo que tardan en realizar el recorrido:  $E = \alpha \Delta x + \beta \Delta t$ , donde  $\alpha = 2 \text{ kJ/m}$  y  $\beta = 10 \text{ kJ/s}$ . El auto inteligente debe desplazarse desde el punto 1 al punto 2. La computadora del auto calcula dos rutas a las que llama ruta A y ruta B. La ruta A es más corta que la ruta B, siendo sus distancias  $5 \text{ km}$  y  $7 \text{ km}$ , respectivamente. Sin embargo, la velocidad media al desplazarse por el camino A es menor que la del camino B,  $v_A = 30 \text{ km/h}$  y  $v_B = 80 \text{ km/h}$ . ¿Cuál de las rutas elige el auto? ¿Cuánta energía ahorra respecto a la otra ruta?



- a. A y  $\Delta E = 1,15$  MJ
- b. A y  $\Delta E = 3,21$  MJ
- c. A y  $\Delta E = 3,21$  kJ
- d. B y  $\Delta E = 10,15$  MJ
- e. B y  $\Delta E = 5,30$  MJ

### Pregunta 3

Los autos inteligentes, como cualquier dispositivo conectado a internet, pueden ser víctimas de los *hackers*. Un auto inteligente de masa  $m = 1000$  kg circula a  $v = 40$  km/h cuando detecta adelante suyo un puente levadizo que comienza a levantarse para dejar pasar a un barco, de modo que acciona los frenos. Dado el rozamiento de la calle por la que circula, la acción de los frenos puede interpretarse como una fuerza de  $5500$  N que se aplica sobre el automóvil en la dirección contraria al movimiento. Los frenos actúan durante  $750$  ms, hasta que un *hacker* remotamente los desconecta.

Encuentre el módulo del impulso necesario para frenar al auto, y compruebe que no alcanza con el proporcionado por los frenos durante el tiempo que el *hacker* los dejó actuar. Calcule la velocidad con la que el auto llega al puente. Considere una sola cifra significativa en sus cálculos.

- a.  $I = 40\,000$  N · s,  $v_F = 18,2$  m/s
- b.  $I = 40\,000$  N · s,  $v_F = 25,2$  km/h
- c.  $I = 11\,000$  N · s,  $v_F = 18,2$  m/s
- d.  $I = 11\,000$  N · s,  $v_F = 25,2$  km/h
- e. Los datos del problema no son suficientes.

### Pregunta 4

El auto inteligente del ítem anterior, al notar que le inhabilitaron los frenos remotamente, realiza el mismo cálculo que usted acaba de realizar y llega a la conclusión de que no va a llegar a frenar antes del puente, de modo que decide acelerar en lugar de frenar, para poder llegar al otro lado del puente trazando una ruta parabólica (ver figura).

Teniendo en cuenta los datos que se muestran en la figura (la inclinación de la rampa es de  $45^\circ$ , la distancia a recorrer es de  $62,5$  m y la aceleración gravitatoria es de  $10$  m/s<sup>2</sup>). ¿Cuál es la **mínima** velocidad necesaria para poder cruzar hasta el otro lado?

- a. 25 km/h
- b. 90 km/h
- c. 120 km/h

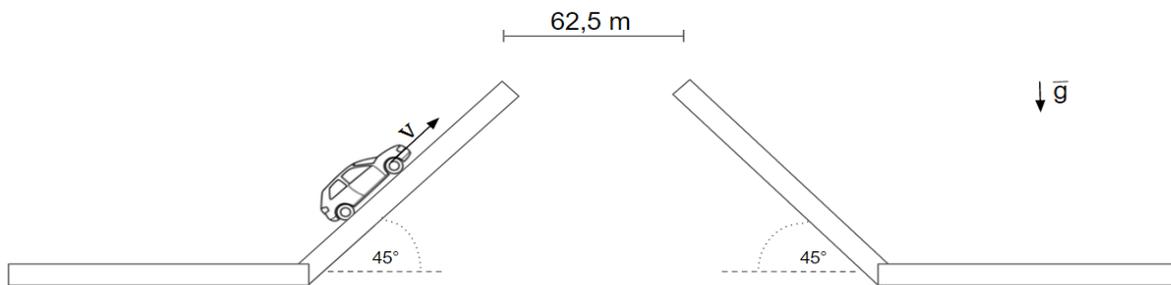


Figura 1: Se observa un esquema del puente levadizo.

- d.  $625 \text{ km/h}$
- e.  $71 \text{ km/h}$



## Problema 2. La sonda Juno que espía a Júpiter

En julio de este año, la sonda Juno de la NASA hizo historia al llegar a la órbita de Júpiter tras cinco años de misión, y se convirtió en el vehículo que más se aproxima al gigantesco planeta gaseoso, con el objetivo de descifrar sus enigmas y descubrir más sobre el origen del sistema solar. Se trata del proyecto más ambicioso en Júpiter desde que la nave Galileo de la NASA entró en su órbita en 1995, y permaneció allí ocho años. Pero Juno orbitará por primera vez los polos de Júpiter, algo que Galileo no hizo y que proporcionará nuevas respuestas a los misterios sobre su núcleo, composición y campo magnético de este gigante planeta.

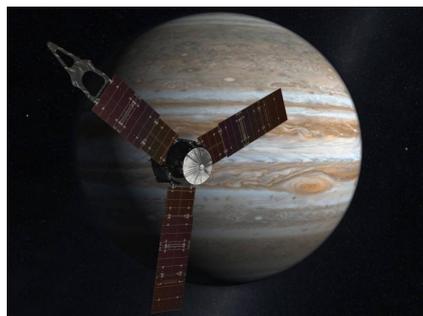


Figura 2: Sonda Juno.

### Pregunta 5

Hasta el momento, los datos que se conocen sobre la atmósfera de Júpiter son las mediciones realizadas por la sonda atmosférica Galileo que ingresó en la atmósfera joviana en el año 1995. Se sabe que si la sonda Juno entrara en la atmósfera de Júpiter experimentaría una aceleración de la gravedad de módulo  $|\vec{g}| = 24,79 \text{ m/s}^2$ . Además, Júpiter no posee una superficie sólida y la capa atmosférica más baja, llamada tropósfera, tiene una densidad  $\rho = 1,33 \text{ g/cm}^3$  y una presión  $P_0 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

Calcular la presión  $P$  a la que se vería sometida la sonda Juno si ingresara en la zona cercana a la frontera tropósfera-estratósfera (la siguiente capa atmosférica), aproximadamente a 150 km de altitud medidos desde la superficie del planeta. Recuerden que  $1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa} = 101\,300 \text{ N/m}^2$ .

- a.  $P = 48\,821,4 \text{ atm}$
- b.  $P = 48\,822,4 \text{ atm}$
- c.  $P = 148\,821,4 \text{ atm}$
- d.  $P = -48\,820,4 \text{ atm}$
- e.  $P = 1,0 \times 10^5 \text{ atm}$

### Pregunta 6

Suponiendo el volumen del planeta como una esfera ( $V = 4\pi R^3/3$ ) de radio  $R = 7,15 \times 10^4 \text{ km}$ , calcular el valor de la densidad  $\rho$  en la atmósfera de Júpiter.

*Ayuda:* En este problema la masa de Júpiter no es dato. Para calcularla, se puede considerar la relación que hay entre la segunda ley de Newton y la ley de Gravitación Universal, que describe la intensidad de la fuerza de interacción entre dos cuerpos con distinta masa. Además, considerar que si la sonda se encuentra a una altura  $h$  respecto de



la superficie de Júpiter se pueden hacer los cálculos teniendo en cuenta la aproximación  $h \ll R$  (es decir, se puede despreciar el valor de  $h$  respecto del radio del planeta). Recordar que la Constante de Gravitación Universal vale  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ , y considerar que la aceleración de la gravedad en Júpiter es  $g = 24,79 \text{ m/s}^2$ .

- a.  $\rho = 1240,96 \text{ kg/m}^3$
- b.  $\rho = 21,65 \text{ kg/m}^3$
- c.  $\rho = 887,73 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$
- d.  $\rho = 1654,61 \text{ kg/m}^3$
- e.  $\rho = 1,33 \text{ g/cm}^3$

## Pregunta 7

Júpiter está compuesto por una gran variedad de gases. No obstante, los más comunes son las moléculas de hidrógeno (2 g/mol) y el helio (4 g/mol). Además, se puede estimar que la presión en el centro del planeta es aproximadamente  $2,3 \times 10^{12} \text{ Pa}$ . Suponiendo que Júpiter está compuesto en un 82% por moléculas de hidrógeno y en un 18% por helio, ambos en estado gaseoso, y que se comportan como gases ideales, y asumiendo que la densidad de Júpiter es  $1,33 \text{ g/cm}^3$ , calcular la temperatura en el centro del planeta. Recordar que  $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}$ .

*Nota:* La verdadera temperatura del centro de Júpiter es de  $T = 3,6 \times 10^4 \text{ K}$ . El error consiste principalmente en suponer que los gases se comportan como gases ideales.

- a.  $T = 3,2 \times 10^5 \text{ K}$
- b.  $T = 4,2 \times 10^5 \text{ K}$
- c.  $T = 4,9 \times 10^5 \text{ K}$
- d.  $T = 3,2 \times 10^7 \text{ K}$
- e.  $T = 4,9 \times 10^7 \text{ K}$

## Pregunta 8

La sonda Juno cuenta con instrumentos que nos permiten estudiar las partículas cargadas que integran la magnetósfera de Júpiter, dominada por su campo magnético. Las partículas de este ambiente y su interacción con tal campo son responsables, entre otras cosas, de las auroras que se observan en Júpiter, y estudiarlas nos permitirá también entender más sobre las auroras de la Tierra. Dichos instrumentos consisten en dos tipos de sensores: Los detectores JADE (*Jovian Auroral Distributions Experiment*), para partículas de baja energía (entre 0 y 30 keV) y los detectores JEDI (*Jupiter Energetic particle Detector Instrument*), para partículas de alta energía (desde 30 keV hasta 1 MeV).

Pensemos de qué manera puede registrarse la energía de una partícula cargada. Supongamos que un electrón con energía cinética  $\mathcal{E}$  ingresa en un campo eléctrico  $E$  uniforme y paralelo a su velocidad, y se detiene luego de recorrer una distancia  $d$ .

Relativo al sentido de la velocidad, ¿cuál es el sentido del campo y con qué energía ingresó este electrón? Suponer conocidos la masa  $m_e$  y la carga  $q_e$  del electrón (*recuerde que el signo de esta carga es negativo*).

- El sentido del campo es el de la velocidad,  $\mathcal{E} = q_e E d$
- El sentido del campo es el de la velocidad,  $\mathcal{E} = -q_e E d$
- El sentido del campo es contrario al de la velocidad,  $\mathcal{E} = q_e E d$
- El sentido del campo es contrario al de la velocidad,  $\mathcal{E} = \sqrt{\frac{2q_e E d}{m_e}}$
- El sentido del campo es contrario al de la velocidad,  $\mathcal{E} = -\frac{q_e E}{d}$

## Pregunta 9

La misión Juno ubicará por primera vez una nave espacial en órbita polar y proveerá espectaculares imágenes de regiones selectas de los polos de Júpiter, estando ubicada a una distancia de apenas 4300 km de la superficie de la atmósfera de Júpiter. La cámara que tomará estas imágenes (JunoCam) tuvo que diseñarse lo suficientemente pequeña de modo que los sistemas ópticos y eléctricos que quedan expuestos puedan sobrevivir a la radiación extrema de Júpiter estando a una distancia tan cercana. La parte sensible de la cámara (CCD) tiene un arreglo de  $1600 \times 1200$  píxeles. Más exactamente, resultan ser 1200 tiras de 1600 píxeles cada una. El campo visual del cielo que es capaz de ver cada una de las tiras de la JunoCam es de  $58^\circ$  de ancho (ver figura 3). Con esta información se puede obtener la resolución de la cámara ( $R$ ) en segundos de arco por píxel.

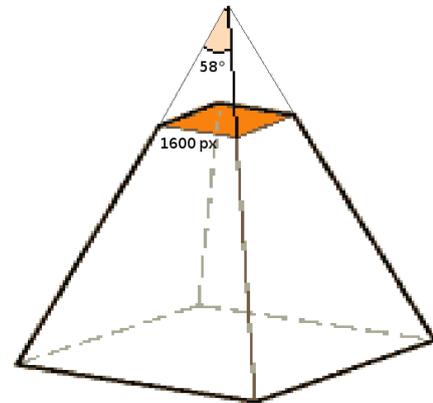


Figura 3: Apertura JunoCam.

Por otro lado, la cámara observa solamente longitudes de onda entre 400 nm y 860 nm, con una longitud de onda promedio ( $\lambda_{PROM}$ ) estimada como el promedio entre los valores de los extremos del rango. La resolución angular de la cámara ( $R$ , en unidades de segundos de arco por píxel) también depende de la longitud de onda promedio ( $\lambda_{PROM}$ ) y el diámetro de la lente de la cámara ( $D$ ) según la fórmula:  $R = 206265 \cdot \lambda_{PROM} / D$ . ¿Cuánto mide el diámetro de la lente de la JunoCam?

- $D = 160$  cm
- $D = 2,5$  cm



- c.  $D = 1 \text{ cm}$
- d.  $D = 0,1 \text{ cm}$
- e.  $D = 0,04 \text{ cm}$

## Pregunta 10

Podemos estudiar la interacción entre el campo magnético y las partículas cargadas al captar las ondas de radio que éstas producen. Consideremos una pequeña región del espacio, tal que el campo magnético sea uniforme y de valor  $B$ , con una partícula de masa  $m$  y carga  $q > 0$  con energía  $\mathcal{E}$  que recorre una órbita circular de manera perpendicular a este campo.

Al sufrir una aceleración  $a$ , las partículas cargadas emiten energía en forma de ondas electromagnéticas, cuya potencia de emisión  $P$  está dada por la *fórmula de Larmor* (en un sistema particular de unidades):  $P = \frac{2}{3} \frac{q^2 a^2}{c^3}$ . Calcular la energía  $W$  emitida por una partícula al completar un período de su trayectoria.

*Ayuda:* Tenga en cuenta que en el movimiento circular, la fuerza de Lorentz debida al campo magnético cumple el rol de fuerza centrípeta.

- a.  $W = \frac{8\pi}{3} \frac{q^4 B^3}{c^3 m} \mathcal{E}$
- b.  $W = \frac{4\pi}{3} \frac{q^3 B}{c^3 m} \mathcal{E}^2$
- c.  $W = \frac{4\pi}{3} \frac{q^3 B}{c^3 m^2} \sqrt{\mathcal{E}}$
- d.  $W = \frac{8\pi}{3} \frac{q^3 B}{c^3} \mathcal{E}$
- e.  $W = \frac{8\pi}{3} \frac{q^3 B}{c^3 m^2} \mathcal{E}$