Real Sociedad Española de Física

Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXXV OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
8 de marzo de 2024

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Alfonso Blasco Sanz
Nicolás A. Cordero Tejedor
Fernando M. García Reguera
Mª Isabel Gómez Ayala
Manuel Iván González Martín
Rodrigo Martínez Mayo
Andrés Serna Gutiérrez
Verónica Tricio Gómez
Rolando Valdés Castro

POR FAVOR, REALICE CADA PRUEBA EN UNA HOJA APARTE

PRUEBA Nº 1

"Prueba de opción múltiple"

(40 puntos)

Solo una de las soluciones propuestas es correcta. Deberá justificarse razonadamente la elección de la opción marcada en cada uno de los ejercicios.

Ejercicio 1

Para determinar el calor específico del oro se coloca un lingote de este metal de 1,2 kg de masa a una temperatura inicial de 20 ºC, en un horno que suministra energía en forma de calor con una potencia de 1000 W. La eficacia de la transferencia de calor al lingote es del 80%. En estas condiciones se mide el tiempo que tarda el lingote en comenzar a fundirse (T_f = 1064 ºC) y se obtiene como resultado 200 s. Se pide deducir el valor del calor específico del oro:

a) 139 J/(kg ºC) **b)** 128 J/(kg ºC) **c)** 117 J/(kg ºC) **d)** 150 J/(kg ºC)

Ejercicio 2

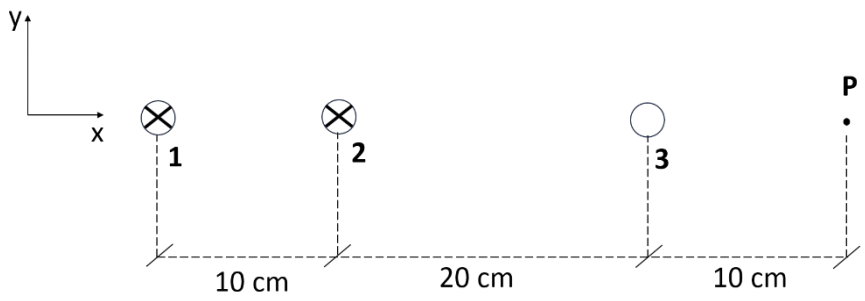
La figura muestra una pista circular de radio R lisa (AB) seguida de una pista horizontal (BC) rugosa. Cuando lanzamos un objeto desde A con una velocidad v_1 = 5,12 m/s, éste desliza por la pista circular sin rozamiento y se detiene en la pista horizontal a una distancia d_1 del punto B. Si lanzamos ahora el objeto desde A con una velocidad triple a la anterior, observamos que se detiene a una distancia d_2 = 1,5 d_1 del punto B. Con estos datos deduzca el valor del radio R de la pista circular.

a) 20 m **b)** 15 m **c)** 10 m **d)** 25 m

Ejercicio 3

Considera tres hilos rectos paralelos y largos, perpendiculares al plano papel dispuestos tal como indica la figura. Por los hilos 1 y 2 circulan sendas corrientes de intensidades I_1 = 8 A e I_2 = 3 A en sentido entrante. Por el hilo 3 circula una corriente de intensidad y sentido desconocidos. Si en el punto P un electrón pasa con una velocidad $\vec{v} = (3 \cdot 10^5\ \vec{\imath})$ m/s y experimenta una fuerza $\vec{F} = \left(-4{,}8 \cdot 10^{-19}\ \vec{k}\right)$ N debida al campo magnético de los tres hilos, entonces la intensidad I_3 y su sentido valen:

a) 10 A, saliente **b)** 0 A **c)** 8 A, saliente **d)** 6 A, entrante



DATOS: Carga del electrón: -1,60·10^{-19} C; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1}

Ejercicio 4

Una espira en forma de triángulo rectángulo de catetos $b = 40$ cm y $h = 20$ cm, se desplaza a una velocidad constante $v = 20$ cm/s hacia una región en la que existe un campo magnético uniforme B perpendicular al plano de la espira como se muestra en la figura 1. En el instante inicial la espira se encuentra a $d = 20$ cm de la región. La gráfica de la figura 2 muestra el valor absoluto de la fem inducida en la espira. Deduce el valor de la intensidad del campo magnético:

a) 10 mT **b)** 12,5 mT **c)** 25 mT **d)** 50 mT

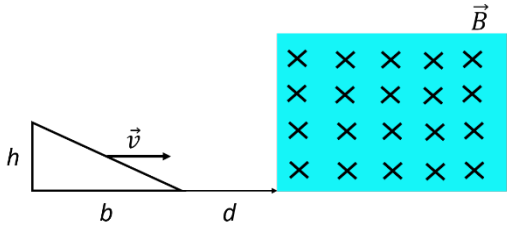


Figura 1

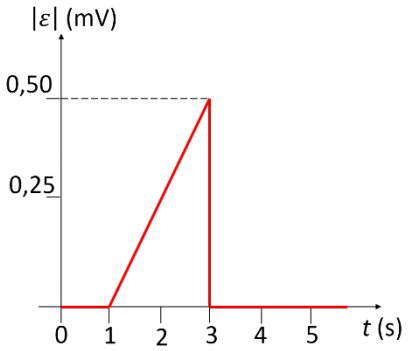


Figura 2

PRUEBA Nº 2

"El efecto Doppler y la velocidad de las galaxias" ***(20 puntos)***

Cuando un coche de policía se acerca hacia nosotros oímos el sonido de su sirena más agudo que cuando está parado, y cuando se aleja más grave. La explicación es que al moverse la fuente de un sonido las ondas sonoras se comprimen por delante de ella y se dilatan por detrás como puede apreciarse en la figura.

Fuente en reposo

Fuente moviéndose hacia la derecha

Este fenómeno se conoce con el nombre de efecto Doppler y es fácil demostrar[1] que si llamamos ν a la frecuencia del sonido que emite la fuente, ν' a la frecuencia del sonido que escuchamos, u a la velocidad con la que se mueve la fuente y c a la velocidad a la que se mueve el sonido en el aire:

$$\nu' = \frac{c}{c+u}\nu \ , \qquad (1)$$

donde u es positiva si la fuente se aleja de nosotros y negativa si se acerca.

Este efecto se produce no solo en el sonido, sino en cualquier tipo de ondas y, por lo tanto, también en la luz. No lo notamos en nuestra vida cotidiana porque la velocidad a la que se mueve la luz es aproximadamente un millón de veces mayor que a la que se mueve el sonido y el efecto es mucho menor. Sin embargo, si observamos la luz que proviene de otras galaxias sí que se aprecia. En unos casos la luz es más rojiza y en otros más azulada.

a) Si llamamos λ a la longitud de onda de la luz emitida por la galaxia, λ' a la longitud de onda de la luz que vemos nosotros, u a la velocidad de la galaxia con respecto a nosotros y c a la velocidad a la que se mueve la luz en el vacío, y teniendo en cuenta la fórmula del efecto Doppler (1), demuestra que

$$\lambda' = \left(1 + \frac{u}{c}\right)\lambda \ . \qquad (2)$$

El desplazamiento hacia el rojo o hacia el azul se mide a través de la variable adimensional z definida como

$$z = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} \ . \qquad (3)$$

b) Razona si hay desplazamiento hacia el rojo o hacia el azul en función del signo de z.

c) Haciendo uso de (2) y de (3), prueba que

$$z = \frac{u}{c} \ . \qquad (4)$$

En la tabla siguiente aparecen algunas galaxias cercanas a la nuestra junto con el valor de z correspondiente[2].

Galaxia	z
Andrómeda (M31)	-0,00100
Triángulo (M33)	-0.00060
Remolino (M51)	0.00131
Virgo A (M87)	0.00428

d) Usando (4), calcula para cada una de ellas la velocidad con la que se están acercando a o alejando de nosotros.

Bibliografía

[1] https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/17-7-el-efecto-doppler
[2] https://ned.ipac.caltech.edu/

PRUEBA Nº 3

"Sonda solar Parker" ***(20 puntos)***

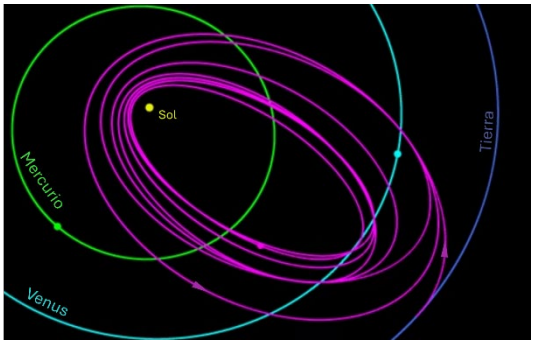


Figura 1. Trayectoria de Parker durante su misión. https://en.wikipedia.org/wiki/Parker_Solar_Probe#

En 2018 la NASA lanzó al espacio la **Sonda Solar Parker**, misión no tripulada cuyo objetivo es estudiar el Sol desde una distancia muy inferior a la que pudieron alcanzar otras sondas parecidas lanzadas en el pasado.

La Figura 1 muestra en color fucsia la trayectoria de la sonda desde su lanzamiento hasta el final útil de la misión, que tendrá lugar en el verano de 2025. Se muestran también las órbitas de la Tierra, Venus y Mercurio. Como se observa, la trayectoria incluye unas cuantas pasadas muy próximas al Sol (a una distancia muy inferior a la del planeta Mercurio), durante las cuales se están obteniendo los datos científicos más relevantes de la misión.

a) Intente explicar con sus propias palabras por qué la sonda, una vez abandona la Tierra, no está abocada en absoluto a estrellarse contra el Sol, sino que hay que "ayudarla" de algún modo para que, al menos, se acerque.

Precisamente la misión se planificó con la idea de ir acercando progresivamente la sonda al Sol sin tener que transportar una pesada carga de combustible. En vez de eso, se está aprovechando el "empujón gravitatorio" causado por Venus en diversos pasos de la sonda por las inmediaciones de nuestro planeta vecino. La Figura 2 muestra la situación de la sonda en diciembre de 2019, pocos días antes de uno de esos encuentros con Venus (trayectorias hechas a escala).

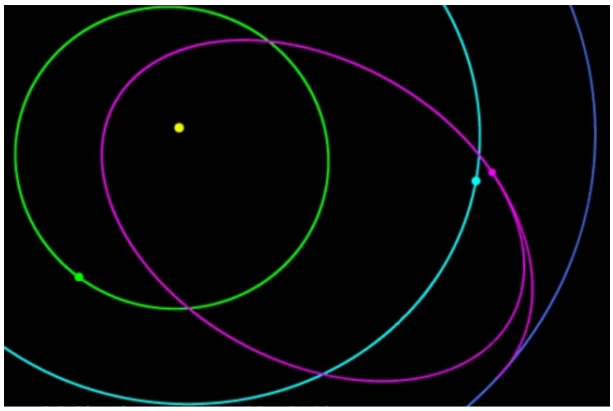


Figura 2. Órbita a finales de 2019. Observe la proximidad entre Venus (punto azul) y la sonda.

b) Estime[1] el tiempo que tardó la sonda en completar la órbita elíptica que se aprecia en la Figura 2.

Nota: Las representaciones de las órbitas de las figuras 2 y 3 están hechas a escala.

[1] Estimar un valor consiste en obtenerlo de manera aproximada, renunciando a una alta precisión.

Más tarde, hacia el final de la misión, la órbita de la sonda tendrá el aspecto mostrado en la Figura 3.

c) En el *afelio*[2] de esta órbita, que la sonda alcanzará a primeros de julio de 2025, ¿cuál será la velocidad de la sonda? Si no consigue resolver esta parte utilice para el resto del ejercicio un valor de 15 km/s.

d) Estime la velocidad que tendrá la sonda en el *perihelio*, unas semanas después. Si un avión viajase a esa velocidad, ¿cuánto tardaría en completar los 10800 km del trayecto Nueva York – Tokio?

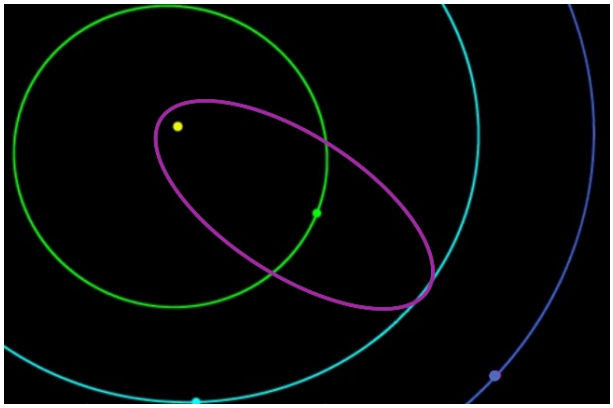


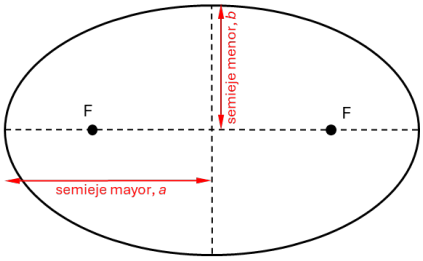
Figura 3. Órbita de la sonda a mediados de 2025.

DATOS

- Órbita de la Tierra, semiejes mayor y menor: $a_T \cong b_T = 149{,}6 \cdot 10^6$ km

Leyes de Kepler

- Todos los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol, ocupando este uno de los focos de la elipse.
- El radio vector que une el Sol con el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.
- Para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita.



Área de la elipse: $A = \pi\, a\, b$

Bibliografía

https://www.lanasa.net/misiones/sondas/el-sobrevuelo-de-venus-envia-la-sonda-parker-solar-hacia-vuelos-record-alrededor-del-sol

[2] Para objetos que orbitan en torno al Sol, el afelio es el punto más lejano a nuestra estrella y el perihelio el más próximo.

PRUEBA Nº 4

"La Física en el Gimnasio" ***(20 puntos)***

Entre los ejercicios básicos de la preparación física de los deportistas se encuentran dos, denominados "remo con barra" y "peso muerto". El problema que a continuación se plantea permite realizar un análisis simplificado de ambos ejercicios desde la perspectiva de la mecánica.

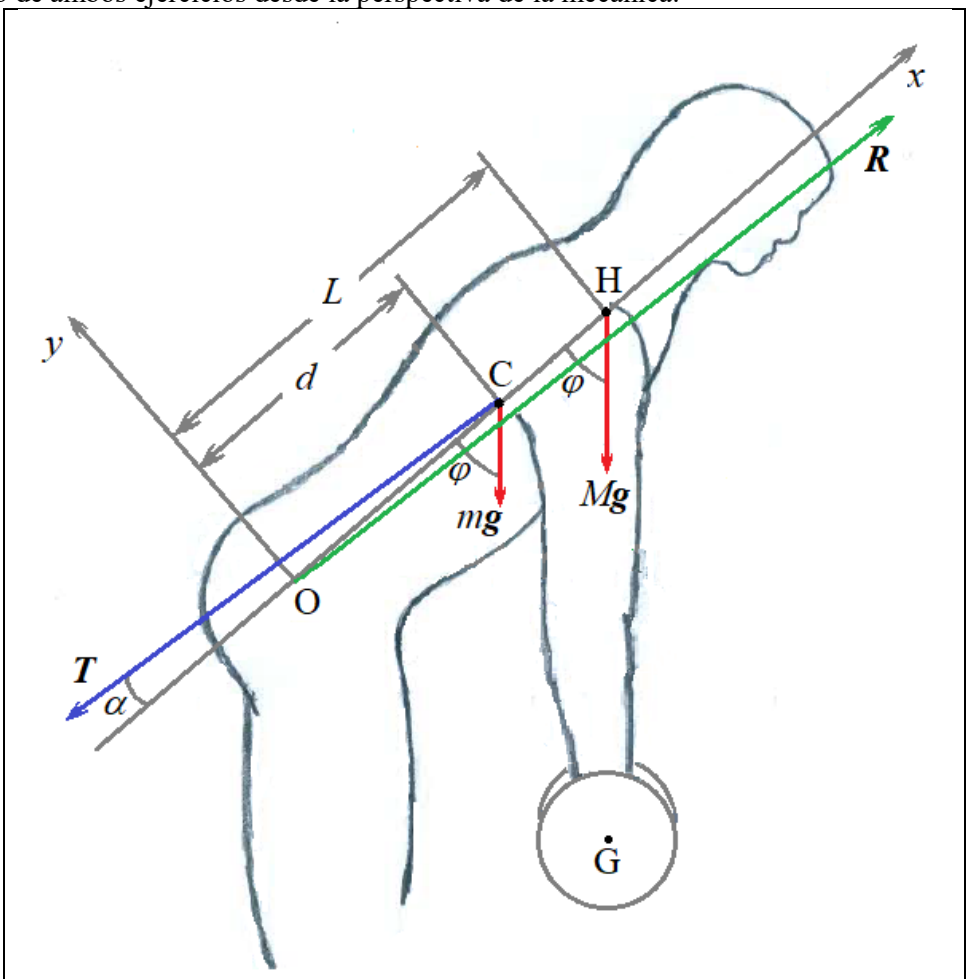


Figura 1. Atleta sujetando una haltera. Los ejes de coordenadas *x* e *y* están en el plano sagital del deportista (el que divide al cuerpo en sus mitades derecha e izquierda). El eje *z* es perpendicular a dicho plano y no se muestra.

Un atleta se mantiene en equilibrio mientras sujeta por la barra una pesa (haltera) de masa *M*, como indica la Figura 1. Si no fuera por la fuerza ***T***, resultante de la acción de un conjunto de músculos de la espalda principalmente, el tronco del deportista se movería hacia abajo rotando en torno al eje *z* del sistema de coordenadas. La distancia entre el origen de coordenadas O y el punto H situado a mitad de la línea que une a los dos hombros es *L*. El centro de masas C de la mitad superior del cuerpo (que tiene masa *m*) está a la distancia *d* de O. La fuerza ***R*** ejercida fundamentalmente por músculos insertados en los huesos de la cadera es indispensable para equilibrar al resto de las acciones. A su vez, dicha fuerza está aplicada en el apoyo del tronco y se considera que parte del origen O del sistema de coordenadas.

a) Escriba las ecuaciones vectoriales que describen el equilibrio del atleta.

b) Halle, respecto del eje de rotación fijo z, las expresiones analíticas de los módulos de los momentos de cada una de las fuerzas consideradas. Determine la dirección y el sentido de cada uno de dichos momentos y las expresiones analíticas de sus proyecciones sobre el eje z.

c) Calcule el módulo de la fuerza $\boldsymbol{T}$. Exprese el resultado en newton y en kilopondio.

d) Compare los valores de $\boldsymbol{T}$ y del peso $M\boldsymbol{g}$ de la haltera.

e) Determine las expresiones analíticas de las proyecciones R_x y R_y de la fuerza $\boldsymbol{R}$. Halle el módulo de $\boldsymbol{R}$. Exprese el resultado en newton y en kilopondio. Calcule el ángulo que forman el vector $\boldsymbol{R}$ y el eje x de coordenadas.

f) Compare los valores de $\boldsymbol{R}$ y del peso de la haltera.

g) Si a partir de la posición de equilibrio analizada, el deportista elevara verticalmente la pesa con aceleración $\boldsymbol{a}$ hacia sus hombros, ¿qué fuerza ejercería la haltera sobre sus brazos? Exprese el resultado en newton y en kilopondio.

Datos:
La masa de la porción superior del atleta (cabeza tronco y brazos) y de la pesa son m = 50 kg y M = 60 kg respectivamente.
La distancia $d = 2/3\ L$. El ángulo $\varphi = 45^o$ y $\alpha = 10^o$.
El módulo de la aceleración vertical $a = 0{,}2\ m/s^2$.

Es válido considerar que el punto de aplicación del peso $M\boldsymbol{g}$ de la haltera se encuentra en el punto H y no en el centro de masas G de la pesa (como indica la Figura 1).

Sugerencia. Utilice las siguientes dos condiciones de equilibrio de un sistema (de la mitad superior del cuerpo para el problema planteado):

- El sumatorio de todas las fuerzas aplicadas es nulo.
- El sumatorio de todos los momentos de las fuerzas aplicadas es nulo.

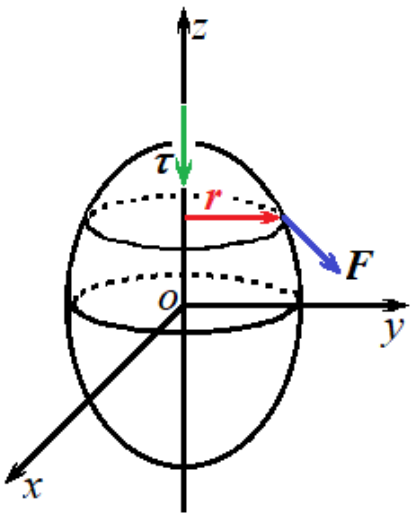


Figura 2. Ilustración del concepto de momento de fuerza.

Por momento $\boldsymbol{\tau}$ de una fuerza $\boldsymbol{F}$ respecto de un eje de rotación fijo z (Figura 2) se entiende el producto vectorial $\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{r} \times \boldsymbol{F}$. La fuerza $\boldsymbol{F}$ es perpendicular al eje de rotación. El radio vector $\boldsymbol{r}$ tiene su origen en dicho eje, es perpendicular a éste y finaliza en el punto de aplicación de la fuerza $\boldsymbol{F}$. Es decir, $\boldsymbol{r}$ y $\boldsymbol{F}$ se encuentran en el mismo plano, perpendicular al eje considerado. El módulo del vector $\boldsymbol{\tau}$ se calcula empleando la expresión

$$|\boldsymbol{\tau}| = |\boldsymbol{r}||\boldsymbol{F}|sen(\theta)$$

donde θ es el ángulo formado entre $\boldsymbol{r}$ y $\boldsymbol{F}$.
El sentido del vector momento de fuerza $\boldsymbol{\tau}$ se determina mediante la regla de la mano derecha. Para la situación ilustrada con la Figura 2, la proyección de $\boldsymbol{\tau}$ sobre el eje z es negativa.
En relación con el problema planteado, todas las fuerzas indicadas (representadas en la Figura 1) son perpendiculares al eje fijo de rotación z. Al suponer que el cuerpo podría rotar solamente en torno z, son nulos todos los momentos de las fuerzas respecto de los ejes x e y.
El hecho de que el sumatorio de todos los momentos de las fuerzas sea nulo implica que también debe ser nula la suma de las proyecciones de dichos momentos sobre el eje z.

Bibliografía:

El problema enunciado es una adaptación de un fragmento del texto y de un ejercicio planteado en el siguiente libro: Villar Lázaro, Raúl; López Martínez, Cayetano y Cussó Pérez, Fernando. Física de los procesos biológicos, Vol. I, pp. 185-187, 206. Alicante: Editorial Club Universitario, 2012.