



# **XXIX OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA**

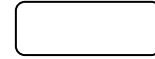
## **FASE LOCAL DE BURGOS**

### **23 de febrero de 2018**

**Examen elaborado con la colaboración de los profesores:**

**Alfonso Blasco Sanz**  
**Fernando M. García Reguera**  
**Isabel Gómez Ayala**  
**M. Iván González Martín**  
**Rodrigo Martínez Mayo**  
**Andrés Serna Gutiérrez**  
**Verónica Tricio Gómez**  
**Rolando Valdés Castro**

**POR FAVOR, REALICE CADA PRUEBA EN UNA HOJA DIFERENTE**

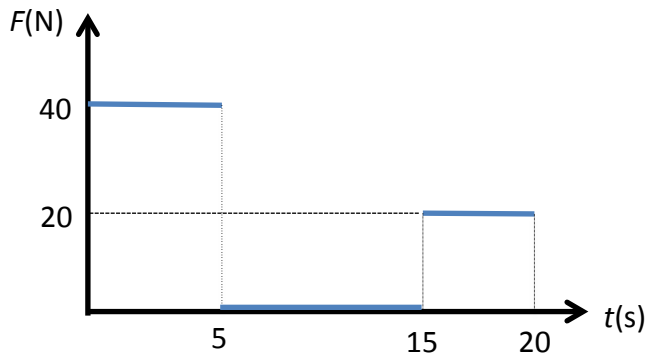


**PRUEBA Nº 1**

**PRUEBA DE OPCIÓN MÚLTIPLE**

*Deberá justificarse razonadamente la elección de la opción marcada en cada uno de los ejercicios*

1.- Un cuerpo de masa  $m = 20 \text{ kg}$  y cuya velocidad inicial vale  $v_0 = 5 \text{ m/s}$ , se ve sometido a la acción de una fuerza variable como la que se muestra en la figura. Su velocidad a los  $20 \text{ s}$  es:

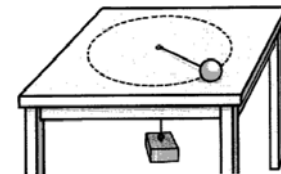


- a) 25 m/s                      b) 15 m/s  
c) 20 m/s                      d) 30 m/s

2.- Una bola que se mueve en línea recta a  $2 \text{ m/s}$  choca de modo inelástico contra otra de igual masa que estaba en reposo. Tras el choque, la que antes estaba en reposo se mueve a  $1 \text{ m/s}$  en una dirección que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la dirección inicial del movimiento de la primera. La velocidad y dirección de la primera bola tras el choque es:

- a)  $v = 1,239 \text{ m/s}$ ;  $\alpha = 23,8^\circ$                       b)  $v = 1,239 \text{ m/s}$ ;  $\alpha = -23,8^\circ$   
c)  $v = 1,309 \text{ m/s}$ ;  $\alpha = -30,0^\circ$                       d)  $v = 1,309 \text{ m/s}$ ;  $\alpha = 30,0^\circ$

3.- Un cuerpo de masa  $200 \text{ g}$  gira en un círculo horizontal de radio  $50 \text{ cm}$  sobre una mesa horizontal sin rozamiento dando  $0,8$  vueltas por segundo. El cuerpo está unido, mediante una cuerda que pasa por un orificio situado en el centro del círculo, a otro cuerpo de masa  $m$ . ¿Qué valor debe tener  $m$  para que el sistema esté equilibrado?



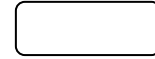
- a) 258 g              b) 200 g              c) 272 g              d) 235 g

4.- Un objeto, unido a una cuerda de  $1,5 \text{ m}$  de longitud cuyo extremo está fijo, se mueve en un plano vertical siguiendo una trayectoria circular. Si su velocidad en el punto más bajo de la trayectoria es de  $10 \text{ m/s}$ , su valor en el punto más alto es:

- a) 5 m/s              b) 8,57 m/s              c) 10 m/s              d) 6,42 m/s

5.- Un cuerpo de  $6 \text{ kg}$  se desplaza sobre una superficie rugosa cuyo coeficiente de rozamiento es  $0,25$ . En un instante dado, en el que su velocidad es  $5 \text{ m/s}$ , impacta contra un muelle horizontal comprimiéndolo. Si el muelle tiene una constante elástica  $k = 800 \text{ N/m}$ , la máxima compresión alcanzada por el muelle es:

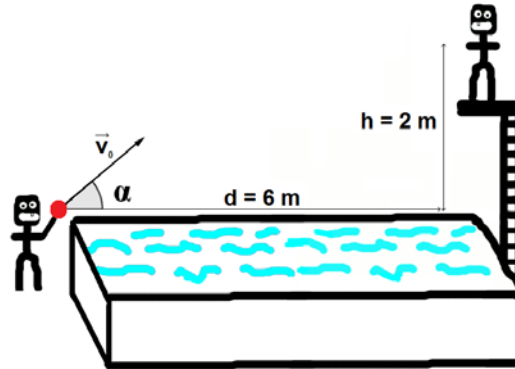
- a) 0,433 m              b) 0,400 m              c) 0,415 m              d) 0,450 m



## PRUEBA Nº 2

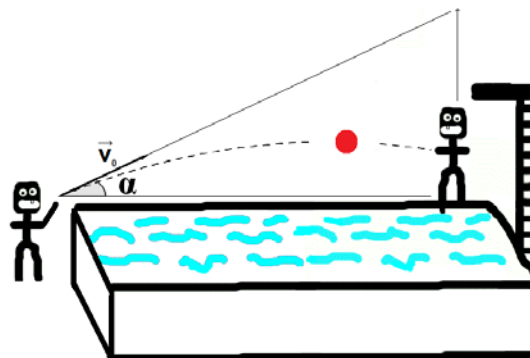
### JUEGOS Y CÁLCULOS EN LA PISCINA

Nuestro amigo Ernesto se ha subido a lo alto del trampolín de la piscina del jardín de su casa y nos pide que le lancemos una pelota.



Responde a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el ángulo y la velocidad con la que debemos lanzar la pelota para que la reciba nuestro amigo justo cuando la pelota está en el punto más alto de su trayectoria?
- ¿Cuánto tiempo está la pelota en el aire?
- Demostrar que si apuntamos directamente a nuestro amigo y justamente se tira al agua cuando le lanzamos la pelota siempre podrá cogerla.



- El "siempre" que se comenta en el apartado anterior no es totalmente cierto. Hay un valor mínimo de la velocidad inicial  $v_0$  por debajo de la cual no podrá cogerla. Determinar dicho valor.



**PRUEBA Nº 3**

**CUANDO SE CONSERVA LA ENERGÍA**

Sobre la base del análisis energético demostrar que el período de las oscilaciones pequeñas de un péndulo simple es:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

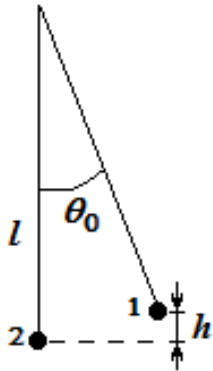
donde  $l$  es la longitud del péndulo y  $g$ , el valor de la aceleración de caída libre.

Las oscilaciones del péndulo simple se denominan pequeñas si se describen adecuadamente utilizando la aproximación

$$\sin \theta_0 = \theta_0$$

donde  $\theta_0$  es la amplitud angular de dicho movimiento (ver figura).

Para resolver el problema, realice los siguientes pasos:



a) Determine la energía potencial  $E_p$  de la lenteja en el punto 1 de máxima elongación. Expresé  $E_p$  solamente en función de la masa  $m$  del péndulo, la longitud  $l$ , la amplitud angular  $\theta_0$  de las oscilaciones y la aceleración  $g$ .

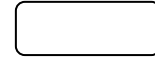
b) Halle la energía cinética  $E_k$  de la lenteja en el punto 2, cuando pasa por la posición de equilibrio. Expresé  $E_k$  solamente en función de la masa  $m$ , la longitud  $l$ , la amplitud  $\theta_0$  y la frecuencia angular  $\omega$  de las oscilaciones.

c) Considerando los resultados obtenidos en los apartados a) y b) obtenga la

expresión  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ .

Considere la siguiente información en los razonamientos:

- El péndulo realiza oscilaciones armónicas. La energía mecánica de un oscilador armónico es  $E_M = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ , siendo  $A$  la amplitud lineal.
- Cuando un péndulo describe oscilaciones pequeñas se puede suponer que la amplitud lineal  $A = l \cdot \theta_0$ .
- $\sin^2\left(\frac{\theta_0}{2}\right) = \frac{1 - \cos \theta_0}{2}$ .



PRUEBA Nº 4

EVIDENCIA DE MATERIA OSCURA EN TORNO A NGC 2742

La **materia ordinaria** que conocemos está formada básicamente por protones, neutrones y electrones. Sin embargo, los astrofísicos tienen serios indicios de que el Universo contiene grandes cantidades de otro tipo de materia, la llamada **materia oscura**, cuya naturaleza desconocemos por completo, pero que genera efectos gravitatorios medibles. En este problema examinaremos uno de esos indicios, basados en observaciones de la galaxia NGC 2742.

NGC 2742 es una galaxia similar a nuestra Vía Láctea. Está formada por unos cuantos miles de millones de estrellas como nuestro Sol, y se encuentra a 59 millones de años luz de nosotros.

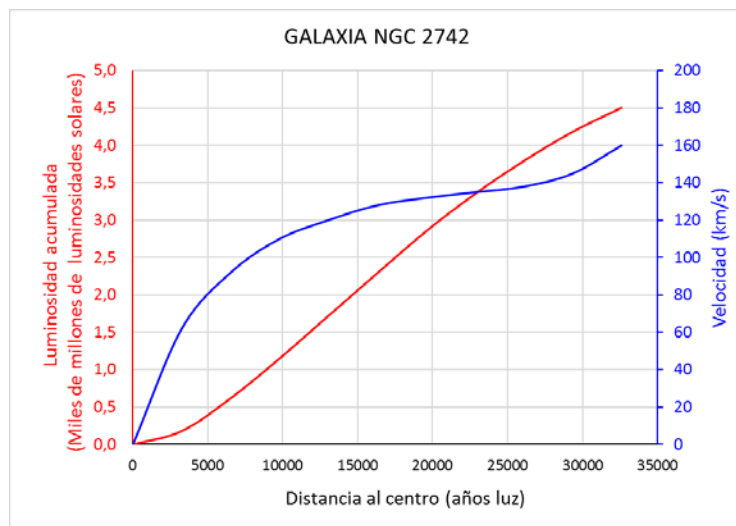
- a) Calcule esa distancia expresada en km.

La imagen muestra a NGC 2742. La retícula graduada muestra el tamaño angular con el que la vemos desde la Tierra. A título de comparación, la luna llena abarca, cuando la vemos desde la Tierra, un ángulo de unos 30 minutos de arco.



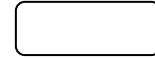
- b) A la vista de la fotografía determine las dimensiones aproximadas (“largo” y “ancho”) de NGC 2742 en años luz y en km.

Analizando la luz que nos llega de una galaxia los astrónomos pueden elaborar fácilmente dos curvas de interés. La primera se llama **curva de luminosidad acumulada** e indica, para cada distancia al centro de la galaxia, cuanta energía por unidad de tiempo emiten conjuntamente todas las estrellas de la galaxia que están más cerca del centro que dicha distancia. Esa luminosidad se debería medir en vatios, pero los astrónomos la miden en “luminosidades solares”. Una luminosidad solar es simplemente la energía que emite nuestro sol por unidad de tiempo.



Por su parte, la **curva de rotación** tiene que ver con el hecho de que todas las estrellas de la galaxia describen órbitas aproximadamente circulares en torno al centro de la propia galaxia, de un modo semejante a como la Tierra describe una órbita en torno al Sol. Pues bien, en esa curva se representa la velocidad de las estrellas en función de la distancia al centro. Ambas curvas están representadas en el gráfico adjunto. La curva de luminosidad está asociada al eje vertical de la izquierda y la de rotación al de la derecha.

- c) Ahora elija una distancia al centro de la galaxia, próxima al borde de la misma. Puede elegir la distancia que quiera, pero debe indicar con toda claridad su elección. Determine cuántas luminosidades solares y cuántos vatios suman todas las estrellas de la galaxia que distan del centro menos que la distancia que usted eligió.



Los astrofísicos tienen buenos motivos para suponer que por cada luminosidad solar emitida por una galaxia hay aproximadamente dos masas como la del sol de **materia ordinaria**. Teniendo en cuenta esto,

- d) Determine aproximadamente la masa de materia ordinaria que hay dentro de una esfera cuyo centro está en el centro de la galaxia y cuyo radio es la distancia que eligió en el apartado (c). Exprese el resultado en kg.

Otra cosa que también saben los físicos es que la velocidad con que una estrella gira alrededor del centro de su galaxia es la misma que tendría si toda la masa de las estrellas que están más cerca del centro que ella estuviera concentrada en el centro de la galaxia. Teniendo esto en cuenta,

- e) Calcule, a partir de la curva de rotación cuánta masa total hay dentro de la misma esfera que se citó en la pregunta (d).
- f) Compare las masas obtenidas en los dos apartados precedentes e intente interpretar la diferencia que obtenga a la luz del párrafo inicial del enunciado de este problema.

#### | DATOS:

- Velocidad de la luz:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s
- Constante de gravitación universal:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N · m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>
- Luminosidad solar:  $L_S = 3,85 \cdot 10^{26}$  W
- Masa del Sol:  $M_S = 1,99 \cdot 10^{30}$  kg
- Un grado de arco es igual a 60 minutos de arco.



## PRUEBA Nº 5

### EQUILIBRANDO FUERZAS

Una varilla rígida de material no conductor de 1 m de largo puede girar alrededor de un pivote colocado en su centro. Se coloca una carga eléctrica  $q_1$  de  $5 \cdot 10^{-7}$  C en un extremo de la barra y a una distancia  $d = 10$  cm sobre la vertical y por debajo, se coloca otra carga  $q_2$  igual en valor absoluto pero de signo opuesto. Se pide:

- ¿Cuál es la fuerza neta entre las dos cargas?
- ¿Cuál es el momento de la fuerza con respecto al centro de la barra?
- Como contrapeso de la fuerza de atracción entre las dos cargas se cuelga un bloque a 25 cm del pivote en el lado opuesto de las cargas, obteniéndose el equilibrio en la balanza. ¿Qué masa deberá tener el bloque?
- Si se coloca el bloque a 30 cm del pivote pero en el mismo brazo de la balanza que la carga, manteniendo el valor de  $q_1$  y siendo ahora  $d = 12$  cm ¿qué nuevo valor deberá tener  $q_2$  para mantener la balanza en equilibrio?

