



# **XXIV OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA**

## **FASE LOCAL DE BURGOS**

### **22 de febrero de 2013**

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

**Nicolás A. Cordero Tejedor**

**Fernando M. García Reguera**

**Isabel Gómez Ayala**

**M. Iván González Martín**

**Belén Izquierdo Izquierdo**

**Andrés Serna Gutiérrez**

## PRUEBA Nº 1

### NOTICIAS DEL CERN

El 4 de julio del año pasado los medios de comunicación se hicieron eco de un hallazgo<sup>1</sup> que puede servir para confirmar la existencia del bosón de Higgs. La existencia de esta partícula es fundamental para una de las teorías más importantes de la Física que se denomina Modelo Estándar de la física de partículas y justifica por qué algunas partículas elementales tienen masa.

Ese día dos equipos independientes de investigadores de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (conocida como CERN) anunciaron que habían identificado una partícula cuyas propiedades son compatibles con las que el Modelo Estándar predice para el bosón de Higgs. En concreto la masa de esta partícula sería  $(125,3 \pm 0,4) \text{ GeV}/c^2$  según el equipo CMS y  $(126,0 \pm 0,4) \text{ GeV}/c^2$  según el equipo ATLAS. En la nota de prensa del segundo de los equipos<sup>2</sup> se dice literalmente “es decir, aproximadamente la masa de un átomo de yodo”. Esta afirmación resulta un tanto intrigante porque la masa de un átomo de yodo que figura en la Tabla Periódica de los elementos<sup>3</sup> es 126,9 u, donde u representa la unidad de masa atómica también conocida como Dalton (que se define como un doceavo de la masa de un átomo de carbono 12 aislado). Los números son similares a pesar de que las unidades son diferentes.

- 1) Comente si los resultados obtenidos para la masa por los dos equipos pueden corresponder a la misma partícula o no.
- 2) Teniendo en cuenta que un electrón-voltio (eV) es la energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de un voltio, demuestre que el valor del electrón-voltio que aparece en el formulario es correcto.
- 3) Recordando que el prefijo giga (G) significa  $10^9$ , calcule la relación que hay entre la unidad de masa atómica unificada (u) y la unidad  $\text{GeV}/c^2$ .
- 4) ¿Es cierto que la masa de la partícula descubierta es aproximadamente igual a la de un átomo de yodo?

<sup>1</sup> <http://press.web.cern.ch/press-releases/2012/07/cern-experiments-observe-particle-consistent-long-sought-higgs-boson>

<sup>2</sup> <http://www.atlas.ch/news/2012/HiggsStatementATLAS-Spanish1.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.iupac.org/highlights/periodic-table-of-the-elements.html>

## PRUEBA N° 2

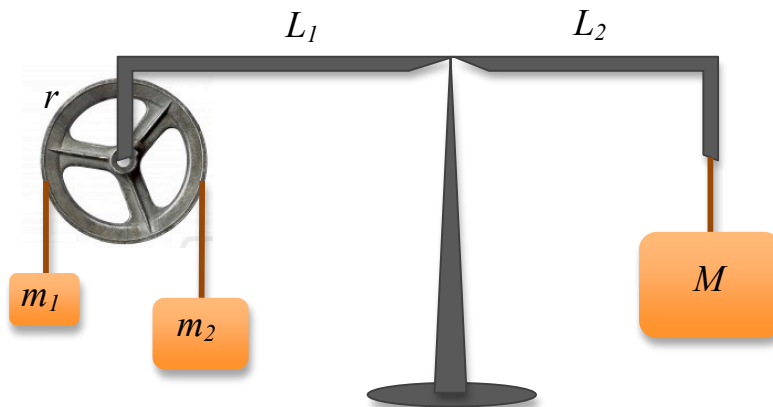
### EL CASO DE LA EXTRAÑA BALANZA

En el diagrama adjunto puede ver una balanza ligera de brazos desiguales de longitudes  $L_1$  y  $L_2$ . De uno de ellos cuelga un polea de radio  $r$ , también ligera, es decir de peso despreciable frente al del resto de las masas, del que a su vez cuelgan dos masas  $m_1$  y  $m_2$ . Del otro brazo pende una masa  $M$  encargada de equilibrar la balanza.

- ¿Cuál es el valor de  $M$  si la polea está bloqueada impidiendo su giro?
- Si la balanza se desbloquea y comienza a girar, calcule el nuevo valor de la masa  $M$  que equilibra la balanza.

Recuerde: considere despreciables las masas de los brazos y de la polea y el rozamiento en ésta última.

DATOS:  $m_1 = 1 \text{ kg}$   $L_1 = 40 \text{ cm}$   
 $m_2 = 3 \text{ kg}$   $L_2 = 20 \text{ cm}$   
 $r = 5 \text{ cm}$



## PRUEBA N° 3

### POLLOS EN PLENO VUELO



Seguramente ya conocerá el videojuego *Angry Birds*, y tal vez haya tenido oportunidad de jugar con él. Si no es así sepa que consiste en lanzar una serie de pájaros con un gran tirachinas con el propósito de aniquilar a un conjunto de gorrinos verdes.

Las páginas anexas que le han entregado a parte son varios fotogramas de un lance del juego. En ellos se ve cómo avanza un pollo en pleno vuelo. En cada fotograma se señala el tiempo en segundos; observen que el instante

$t=0$  no tiene por qué coincidir con el momento en que el pollo abandonó el tirachinas.

En este problema extraerá información de los fotogramas con el fin de determinar las características del movimiento del pollo. Para ello:

- Las escalas graduadas que acompañan a cada fotograma son unidades de pantalla, es decir, píxeles. Con ayuda de una regla determine para cada fotograma la posición  $(x,y)$  del pollo. Trate de acercarse a una precisión de 5 píxeles en sus resultados.
- Observe que la escena se desplaza ligeramente de un fotograma a otro. Para que las coordenadas del pollo sean útiles tienen que estar referidas a un punto fijo sobre el terreno. Elija como punto fijo la parte derecha de la base del pedestal sobre el que se encuentra el tirachinas; ése será el origen de coordenadas. Calcule la posición de este origen  $(x_0, y_0)$  en cada fotograma.
- Ahora podrá calcular, de nuevo para cada instante, la posición  $(X,Y)$  del pollo respecto del terreno. Elabore una tabla cuyas columnas sean el tiempo  $t$  y las coordenadas  $(X,Y)$ .

Todos los cálculos que haga a continuación deberán basarse en estas coordenadas fijas sobre el terreno  $(X, Y)$ . En concreto se pide:

- Calcule la componente horizontal de la velocidad del pollo en el intervalo que va del primer al segundo fotograma.
- ¿Qué debe ocurrir con esa misma componente horizontal durante el resto de intervalos? Compruébelo e intente explicar cualquier discrepancia que pueda surgirle a este respecto.
- Determine la componente vertical de la velocidad del pájaro en todos los intervalos. ¿Qué ocurre con esa componente a medida que transcurre el tiempo? ¿Es lo que esperaba?
- Utilice las componentes verticales del apartado anterior para determinar la aceleración del movimiento del pájaro. ¿En qué unidades se mide esa aceleración?
- Calcule el instante y la posición del punto de máxima elevación del pollo.
- Halle el punto en que el pollo se estrellará contra el suelo, y el instante en que lo hará.
- Calcule, en metros, la altura del tirachinas con el que se propulsa el pollo.

[https://correoweb.ubu.es/2.3/?\\_task=mail&\\_action=get&\\_mbox=INBOX&\\_uid=3752&\\_part=4&\\_download=1](https://correoweb.ubu.es/2.3/?_task=mail&_action=get&_mbox=INBOX&_uid=3752&_part=4&_download=1)

## PRUEBA Nº 4

### COMENZAR COMO UN NIÑO DE PRIMARIA PARA TERMINAR COMO UN TÉCNICO DE LA NASA, CASI ...

¿Recuerda el salto realizado por el austriaco Félix Baumgartner el 25 de agosto del pasado año? Al margen de la polémica surgida posteriormente sobre si fue o no una farsa asistimos a una clase de física de máxima audiencia. Analicemos un poco la aventura:

¿Cómo explica Vd. las imágenes mostradas? El globo aparece medio deshinchado al comenzar el ascenso y a medida que va subiendo va aumentando de volumen.

¿Tiene alguna relación el tamaño del globo y el llenado inicial del mismo con la altura de 38.969,4 m que Félix alcanzó? Explíquelo.



La distancia que descendió en caída libre antes de abrir el paracaídas fue de **36.402,6 m**.

a) Estime el valor de la velocidad máxima que podría haber alcanzado el saltador si el salto se hubiera realizado en el vacío y sin considerar la variación de la aceleración de la gravedad con la altura.

b) Estime de nuevo el valor de la velocidad máxima sin considerar el rozamiento del aire, es decir sigue en el vacío, pero sí la variación de  $g$  con la altura.

Según los informes posteriores, la velocidad máxima que alcanzó el Sr. Baumgartner fue de 1.357,6 km/h, bastante menor que la Vd. debería haber obtenido en los apartados anteriores, y la consiguió a los 46 s de iniciado el salto.



c) Considerando esta caída uniformemente acelerada, estime el valor de la aceleración constante responsable de este movimiento y compárela con el valor de la aceleración de la gravedad a 38.969,4 m sobre la superficie de la Tierra. ¿Qué le sugiere este resultado?

Considerar el rozamiento del aire es un poco más complicado. Vamos a simplificarlo lo más posible. Como Vd. sabe y habrá podido experimentar jugando y nadando en una piscina, un sólido en movimiento en el seno de un fluido se ve ralentizado debido a la fuerza de rozamiento. Calcular de manera exacta su efecto es complicado pero se sabe que la fuerza de rozamiento depende de la densidad del fluido, de la forma más o menos aerodinámica de móvil, del área de

impacto que presente al fluido y es mayor cuanto mayor sea la velocidad del objeto. Este efecto, que por supuesto también aparece en el seno de la atmósfera, es responsable del hecho de que un móvil en caída libre no mantenga un movimiento uniformemente acelerado sino que a partir del momento en que peso y fuerza de rozamiento se igualan se alcance una velocidad constante, llamada *velocidad límite*.

d) Utilizando la fórmula siguiente, que no tiene en cuenta la disminución de densidad ni el efecto de la temperatura, estime la *velocidad límite* que hubiera alcanzado el saltador al que por cierto, podemos suponer un peso de unos 70 kg.

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C A}} \quad \text{con} \quad \left\{ \begin{array}{l} m - \text{masa del móvil (astronauta + equilo)} (115 \text{ kg}) \\ g - \text{aceleración de la gravedad} (9,81 \text{ m/s}^2) \\ \rho - \text{densidad del aire a 36.000 m de altura} (0,015 \text{ kg/m}^3) \\ C - \text{factor de fricción} (0,8) \\ A - \text{área de impacto} (0,75 \text{ m}^2) \end{array} \right.$$

En vista del valor de la velocidad límite que haya obtenido, ¿cómo explica el valor de la velocidad máxima conseguida por Félix?

Para saber más:

<http://naukas.com/2012/10/09/la-caida-libre-o-casi-de-felix-baumgartner/>

<http://www.telenews.com.mx/index.php/entretenimiento/item/11471-las-cifras-reales-del-salto-de-felix-baumgartner.html>

## PRUEBA Nº 5

### FELIZ AÑO DEL ÁTOMO CUÁNTICO: PRIMER CENTENARIO DEL ÁTOMO DE BOHR

En julio de 1913 Niels Bohr (1885-1962) publicaba el artículo «On the Constitution of Atoms and Molecules» en la revista *Philosophical Magazine*, que trataba sobre la estructura y las propiedades del átomo. Para entonces, el descubrimiento de las partículas subatómicas (el protón, el electrón y el neutrón) había terminado con la noción del átomo como una esfera homogénea e indivisible, y se le representaba ahora como un núcleo central masivo con una nube de electrones girando a su alrededor, parecido al modo en que los planetas giran en torno al Sol, sólo que en miniatura.

a) En este modelo, el movimiento de los electrones alrededor del núcleo se explica teniendo en cuenta únicamente la interacción electromagnética entre el núcleo y los electrones, despreciando la interacción gravitatoria. Demuestre que esta aproximación es correcta calculando cuántas veces es mayor la fuerza electrostática entre un protón y un electrón que la fuerza gravitatoria entre ambos.

b) Abordemos el “modelo planetario” del átomo: considere el átomo de Hidrógeno (un electrón y un protón) y suponga que el electrón describe órbitas circulares de radio  $R$  alrededor del núcleo. Determine la velocidad y la aceleración centrípeta del electrón si consideramos que el radio de la trayectoria es  $1 \cdot 10^{-10}$  m.

Este sencillo “modelo planetario” presentaba ciertas inconsistencias, que fueron resueltas por Borh introduciendo la cuantización del momento angular del electrón. Sólo estaban permitidas aquellas órbitas en las que se cumpliera la siguiente condición:

$$L = n \hbar$$

Expresión en la que:  $L$  es el momento angular del electrón:  $L = m_e R v_e$

$\hbar$  es la constante de Plank  $h$  dividida por  $2\pi$

$n$  es el número cuántico principal que toma valores  $n = 1, 2, 3, \dots$

c) Deduzca la expresión que permite calcular los radios  $R$  de las órbitas permitidas para el electrón del átomo de Hidrógeno en función de  $n$  y calcule el valor del radio  $a_0$  de la primera órbita permitida, también llamado radio de Bohr.

d) Calcule la energía total (cinética y potencial) del electrón del átomo de Hidrógeno en su estado fundamental. Exprese el resultado en eV.

Finalmente, Borh postuló que el electrón solo podía emitir o absorber energía cuando pasaba de una órbita permitida a otra también permitida.

e) Determine el valor de la frecuencia  $f$  del fotón emitido cuando el electrón pasa del primer estado excitado al estado fundamental de acuerdo a la ley de Planck.

## PRUEBA N° 6

### HABLEMOS UN POCO DE ILUMINACIÓN

Sobre un acuario lleno de agua, de profundidad  $h$  y cubierto por una gruesa placa de metacrilato de espesor  $d$ , está suspendida una lámpara que emite un cono de luz de ángulo  $\alpha$ , el cual forma en el fondo del acuario un disco luminoso.

Se retira la placa de metacrilato y se vacía el acuario.

- ¿El tamaño del disco luminoso del fondo habrá aumentado o disminuido? Razone la respuesta realizando un esquema de la marcha de rayos, indicando claramente los cambios de dirección.
- Determine en cuánto ha variado el diámetro del disco luminoso al realizar la operación anterior.
- Sabiendo que la variación del área de la mancha luminosa ha sido de  $4,5 \text{ m}^2$ , calcule a qué altura sobre el fondo del acuario se encuentra la lámpara.

Datos:  $\alpha = 90^\circ$      $d = 20 \text{ cm}$      $h = 80 \text{ cm}$   
índices de refracción:  $n_{\text{metac}} = 1,60$      $n_{\text{agua}} = 1,33$

