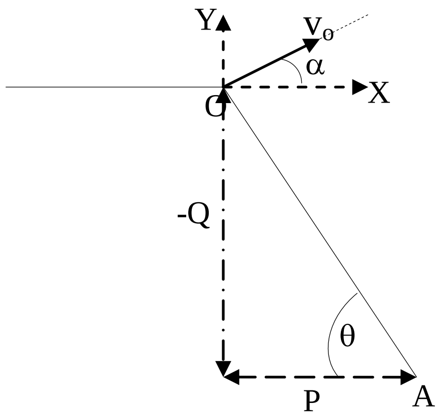
PROBLEMAS VARIADOS 4-2017

408.- El perfil de una pista de salto con esquís es el siguiente



El saltador sale del punto O con una velocidad v_o y un ángulo de lanzamiento α y aterriza en un punto A de la rampa inclinada. La velocidad de salida del saltador es constante pero puede variar el ángulo α de salida.

a) Determinar dicho ángulo para que OA sea el máximo posible. Realizar el cálculo numérico si $\theta = 60º$.

b) Calcular el ángulo α para que el saltador permanezca el máximo tiempo en el aire. Calcular dicho tiempo para $\theta = 60º$.

a) Las ecuaciones paramétricas de la curva del saltador son:

$$x = v_0(\cos\alpha)t \quad ; \quad y = v_o(\operatorname{sen}\alpha)t - \frac{1}{2}g\,t^2 \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v_o\cos\alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = v_o \operatorname{sen}\alpha \cdot \frac{x}{v_o\cos\alpha} - \frac{1}{2}g\frac{x^2}{v_o^2\cos^2\alpha} = x\,\operatorname{tag}\alpha - \frac{g}{2v_o^2\cos^2\alpha}\cdot x^2 \quad (1)$$

Las coordenadas del punto A las designamos A (P; -Q), cumpliéndose:

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{Q}{OA} \quad ; \quad \cos\theta = \frac{P}{OA}$$

La ecuación (1) aplicada en el punto A es

$$-Q = P\,\mathrm{tag}\,\alpha - \frac{g}{2\,v_o^2\cos^2\alpha}\cdot P^2 \Rightarrow -OA\ \mathrm{sen}\,\theta = OA\ \cos\theta\ \mathrm{tag}\,\alpha - \frac{g}{2\,v_o^2\cos^2\alpha}\cdot OA^2\cos^2\theta \Rightarrow$$

$$: \Rightarrow -\mathrm{sen}\,\theta = \cos\theta\ \mathrm{tag}\,\alpha - \frac{g}{2\,v_o^2\cos^2\alpha}\cdot OA\cos^2\theta \Rightarrow \frac{g}{2\,v_o^2\cos^2\alpha}\cdot OA\cos^2\theta = \cos\theta\ \mathrm{tag}\,\alpha + \mathrm{sen}\,\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad OA = \frac{2\,v_o^2}{g\ \cos^2\theta}\cos^2\alpha\cdot\left[\cos\theta\ \mathrm{tag}\,\alpha + \mathrm{sen}\,\theta\right]$$

Para hallar el máximo de OA derivamos la función OA(α) con respecto al ángulo α e igualamos a cero.

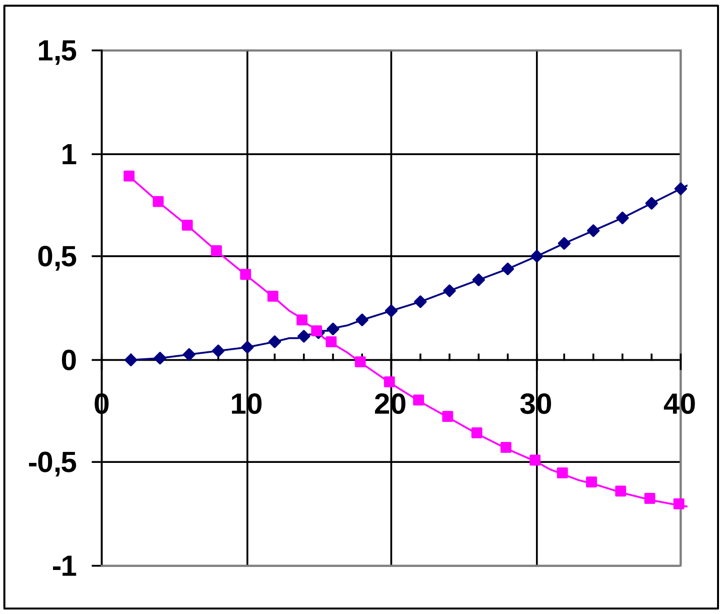
$$\frac{d\,OA}{d\alpha} = \frac{2\,v_o^2}{g\cos^2\theta}\left[\cos^2\alpha\cdot\cos\theta\cdot\frac{1}{\cos^2\alpha} + \left[\cos\theta\,\mathrm{tag}\,\alpha + \mathrm{sen}\,\theta\right]\cdot\left(-2\cos\alpha\,\mathrm{sen}\,\alpha\right)\right] = 0 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad \cos\theta - \cos\theta\,\frac{\mathrm{sen}\,\alpha}{\cos\alpha}\cdot 2\ \cos\alpha\,\mathrm{sen}\,\alpha - 2\cos\alpha\,\mathrm{sen}\,\alpha\cdot\mathrm{sen}\,\theta = 0 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad \cos\theta - 2\cos\theta\,\mathrm{sen}^2\alpha - \mathrm{sen}\,\theta\,\mathrm{sen}\,2\alpha = 0 \Rightarrow \quad 2\,\mathrm{sen}^2\alpha + \mathrm{sen}\,2\alpha\ \mathrm{tag}\,\theta = 1 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \qquad 2\,\mathrm{sen}^2\alpha = 1 - \mathrm{sen}\,2\alpha\ \mathrm{tag}\,\theta$$

La ecuación anterior se resuelve por tanteo cuando tag 60º = $\sqrt{3}$ .Si se dispone de hoja de cálculo representamos $2\mathrm{sen}^2\alpha$ y $1-\sqrt{3}\,\mathrm{sen}\,2\alpha$ frente a α y donde se cortan las curvas es la solución.



La solución es α =15º.

b)

$$\operatorname{tag}\theta = -\frac{y}{x} = -\frac{v_o(\operatorname{sen}\alpha)t - \frac{1}{2}gt^2}{v_0(\cos\alpha)t} \Rightarrow \quad v_o\cos\alpha\operatorname{tag}\theta = -v_o\operatorname{sen}\alpha + \frac{1}{2}g\,t \quad \Rightarrow$$

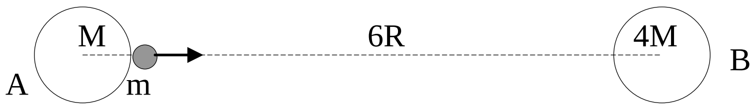
$$\Rightarrow \quad t = \frac{2\,v_o\cos\alpha\operatorname{tag}\theta + 2\,v_o\operatorname{sen}\alpha}{g} = \frac{2v_o}{g}\left(\cos\alpha\operatorname{tag}\theta + \operatorname{sen}\alpha\right)$$

Derivamos la función t(α) frente a α e igualamos a cero.

$$\frac{dt}{d\alpha} = \frac{2\,v_o}{g}\left(-\operatorname{sen}\alpha\ \operatorname{tag}\theta + \cos\alpha\right) = 0 \Rightarrow \operatorname{tag}\alpha = \frac{1}{\operatorname{tag}\theta} = \frac{1}{\operatorname{tag}60^{\circ}} \Rightarrow \alpha = 30^{\circ}$$

$$t = \frac{2v_o}{9{,}8}\left(\cos 30^{\circ}\cdot\operatorname{tag}60^{\circ} + \operatorname{sen}30^{\circ}\right) = 0{,}408\ v_o\ \cdot$$

409.- En la figura inferior A es una esfera uniforme de masa M y radio R y B otra del mismo radio y de masa 4M. La distancia entre sus centros es 6R.



Desde la superficie de la esfera A sale un cuerpo de masa m dotado de una determinada velocidad apuntando al centro de la esfera B.
a) Calcular la velocidad mínima que hay que imprimir al cuerpo de masa m para que llegue a la superficie de B.
b) Si el cuerpo de masa m abandona la superficie de A con la velocidad mínima con qué velocidad llegará a B.
c) Si m abandona A en cualquier dirección y llega al infinito, calcular la velocidad mínima de m para que esto ocurra.

Propuesto en las Olimpiadas de Hong Kong

d) Añadido por nosotros. Encontrar las ecuaciones de la velocidad de m en función de la distancia.

Analicemos primero el problema desde un punto de vista cualitativo. El cuerpo m se ve sometido a dos fuerzas una dirigida hacia A (F_A) y otra dirigida hacia B (F_B) . Hasta una cierta distancia del centro de A que denominamos x, $F_A>F_B$ a partir de esa distancia ocurre que $F_B>F_{A..}$ A la distancia x las dos fuerzas han de ser iguales, esto es, dos fuerzas del mismo módulo y dirección y de sentido contrario.
Para calcular x aplicamos la ley de la Gravitación de Newton

$$\frac{GMm}{x^2} = \frac{G\,4Mm}{(6R-x)^2} \Rightarrow x^2 = \frac{(6R-x)^2}{4} \Rightarrow 2x = 6R - x \Rightarrow \quad x = \frac{6R}{3} = 2R$$

Si el cuerpo m llega al punto x, alcanzará necesariamente la esfera B porque a partir de x la fuerza es atractiva, como nos `piden la velocidad mínima de salida de m, al punto x debe llegar con la minima velocidad posible y ésta es cero.
Haciendo el balance de energía mecánica entre el punto de salida de m y el de llegada al punto x.

$$\frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{GMm}{R} - \frac{4GMm}{5R} = 0 - \frac{GMm}{2R} - \frac{4GMm}{6R-2R} \Rightarrow v_m^2 = \frac{2GM}{R}\left(1+\frac{4}{5}-\frac{1}{2}-1\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad v_m = \sqrt{\frac{2GM}{R}\left(\frac{3}{10}\right)} = \sqrt{\frac{3}{5}\frac{GM}{R}}$$

b)

Ahora hacemos el balance de energía desde el punto x=2R a la superficie de B.

$$0 - \frac{GMm}{2R} - \frac{4GMm}{4R} = \frac{1}{2}mv_{LL}^2 - \frac{GMm}{5R} - \frac{4GMm}{R} \Rightarrow v_{LL}^2 = \frac{2GM}{R}\left(-\frac{1}{2}-1+\frac{1}{5}+4\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad v_{LL} = \sqrt{\frac{2GM}{R}\left(-\frac{3}{2}+\frac{21}{5}\right)} = \sqrt{\frac{2GM}{R}\left(\frac{27}{10}\right)} = \sqrt{\frac{27}{5}\frac{GM}{R}}$$

c) El balance de energía mecánica lo hacemos entre el punto de salida y el infinito en el que por convenio se toma la energía potencial gravitatoria nula. Como deseamos la menor velocidad de salida de m, esto se logra cuando la velocidad en el infinito sea cero

$$\frac{1}{2}mV^2 - \frac{GMm}{R} - \frac{4GMm}{5R} = 0 \Rightarrow \quad V^2 = \frac{2GM}{R}\left(1+\frac{4}{5}\right) = \frac{18}{5}\frac{GM}{R} \Rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{18}{5}\frac{GM}{R}}$$

d) Dividimos la cuestión en dos partes d1) velocidad entre R y 2R y d2) entre 2Ry 5R.

d1) Designamos con p a una distancia cualquiera de la masa m respecto del centro de A. Los valores de p están comprendidos entre p= R y p =2R (fig 1)
Aplicamos la segunda ley de Newton, tomando como sentido positivo de A a B.

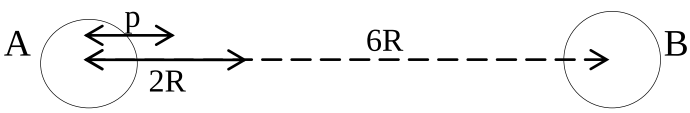


Fig.1

$$-\frac{GMm}{p^2}+\frac{4GMm}{(6R-p)^2}=ma=m\frac{dv}{dt}=m\frac{dv}{dp}\frac{dp}{dt}=mv\frac{dv}{dp} \quad\Rightarrow$$

$$\Rightarrow\quad \int -\frac{GM}{p^2}dp+\int\frac{4GM}{(6R-p)^2}dp=\int v\,dv \quad\Rightarrow\quad \frac{GM}{p}+\frac{4GM}{6R-p}=\frac{v^2}{2}+Cte$$

Para hallar la constante de integración, sabemos que cuando p=R , $v=\sqrt{\frac{3}{5}\frac{GM}{R}}$

$$\frac{GM}{R}+\frac{4GM}{5R}=\frac{1}{2}\cdot\frac{3GM}{5R}+Cte \;\Rightarrow\; Cte=\frac{GM}{R}\left(1+\frac{4}{5}-\frac{3}{10}\right)=\frac{3GM}{2R}$$

Sustituyendo en la velocidad

$$\frac{GM}{p}+\frac{4GM}{6R-p}=\frac{v^2}{2}+\frac{3GM}{2R}\Rightarrow \quad v=\sqrt{GM\left(\frac{2}{p}+\frac{8}{6R-p}-\frac{3}{R}\right)}\Rightarrow \quad R\le p\le 2R$$

d2) Designamos con q a una distancia cualquiera comprendida entre cero (donde p=2R) y 3R (siendo p=5R). (fig.2). Procediendo igual que en el apartado d1.

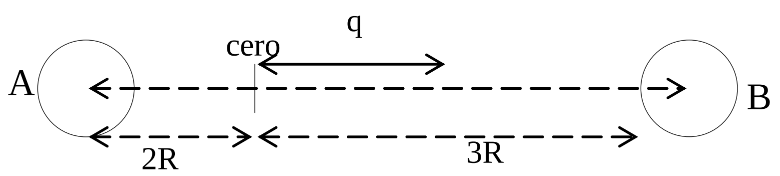


Fig.2

$$\int -\frac{GM}{(2R+q)^2}dq+\int\frac{4GM}{(4R-q)^2}dq=\int v\,dv \quad\Rightarrow\quad \frac{GM}{2R+q}+\frac{4GM}{4R-q}=\frac{v^2}{2}+Cte$$

Para hallar la constante de integración, sabemos que cuando q=0 , v=0

$$\frac{GM}{2R}+\frac{4GM}{4R}=Cte\Rightarrow\; Cte=\frac{3GM}{2R}$$

Sustituyendo en la velocidad

$$\frac{GM}{2R+q}+\frac{4GM}{4R-q}=\frac{v^2}{2}+\frac{3GM}{2R}\Rightarrow \qquad v=\sqrt{GM\left(\frac{2}{2R+q}+\frac{8}{4R-q}-\frac{3}{R}\right)}\Rightarrow \quad 0\le q\le 3R$$

Teniendo en cuenta que cuando q=0 , p=2R y que cuando q= 3R , p = 5R

En la siguiente gráfica se ha hecho una representación de la variación de la velocidad frente a la distancia

410.- Una barra delgada de sección A, longitud L y densidad ρ, tiene una masa m. El momento de inercia de la mencionada barra se expresa mediante la ecuación m d^2.
La barra se suspende de un punto de ella que dista kd de su centro de masas y realiza oscilaciones de pequeña amplitud cuya frecuencia angular es $\omega = \beta\sqrt{\frac{g}{d}}$.
a) Encontrar la relación $\frac{L}{d}$. b) Determinar el valor de β en función de k. c) Calcular el máximo valor de β.

Propuesto en las Olimpiadas de USA

a) Calculamos el momento de inercia de la barra respecto de un eje perpendicular a ella y que pasa por su centro de masas.

a)

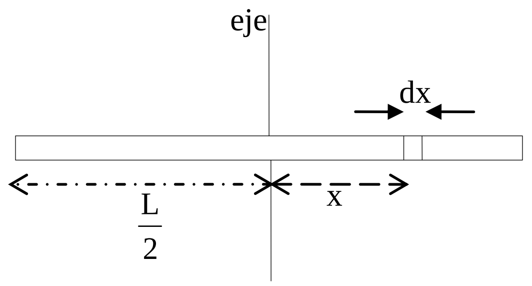


Fig.1

En la figura 1 consideramos un elemento de barra de longitud dx y que está a una distancia x del centro de masas. La variable x está comprendida entre cero (centro de masas y L/2).
El momento de inercia de ese elemento es: $dI = dm.x^2 = A\,dx\,\rho\,x^2$.Para calcular el momento de la barra respecto al centro de masas hemos de sumar todas las contribuciones de todos los elementos que forman la barra.

$$\int dI = 2\int_0^{\frac{L}{2}} A\rho x^2 dx = 2\cdot\frac{A\rho x^3}{3}\Big|_O^{\frac{L}{2}} = \frac{2}{3}A\rho\left[\frac{L^3}{8}\right] = \frac{1}{12}A\rho L\cdot L^2\cdot = \frac{1}{12}mL^2$$

$$\frac{1}{12}mL^2 = md^2 \quad\Rightarrow\quad \frac{L}{d} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$$

b) En la figura 2 se ha señalado un punto arbitrario de la barra S cuya distancia al centro de masas C, es kd

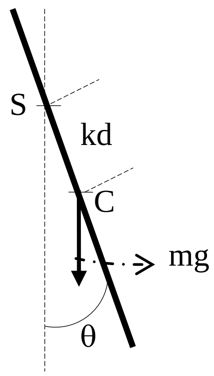


Fig. 2

El peso de la barra mg crea un momento respecto del punto de suspensión S.

$$mg\ \text{sen}\ \theta\ \cdot kd$$

y de acuerdo con la ley de la rotación

$$mg\ \text{sen}\theta \cdot kd = I\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

El momento de inercia de la barra respecto de S es:

$$I = I_{CM} + m(kd)^2 = \frac{1}{12}mL^2 + mk^2d^2 = \frac{1}{12}m\cdot 12d^2 + mk^2d^2 = md^2\left(1+k^2\right)$$

Dado que la amplitud de la oscilación es pequeña, escribimos

$$mg\cdot kd\cdot\theta = md^2\left(1+k^2\right)\frac{d^2\theta}{dt^2} \Rightarrow \frac{gk}{d\left(1+k^2\right)}\theta = \frac{d^2\theta}{dt^2} \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{gk}{d\left(1+k^2\right)}}$$

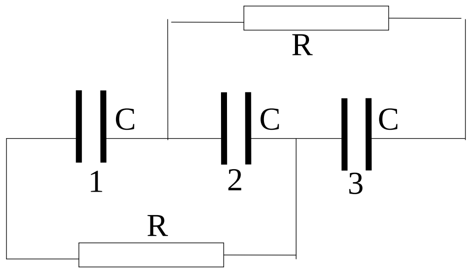
$$\sqrt{\frac{gk}{d\left(1+k^2\right)}} = \beta\sqrt{\frac{g}{d}} \Rightarrow \quad \beta = \sqrt{\frac{k}{1+k^2}}$$

c) Para hallar el máximo valor de β derivamos la función β=f(k) e igualamos a cero.

$$\frac{d\beta}{dk} = \frac{\dfrac{\left(1+k^2\right)-k\cdot 2k}{\left(1+k^2\right)^2}}{2\sqrt{\dfrac{k}{1+k^2}}} = 0 \quad\Rightarrow\quad \left(1+k^2\right)-k\cdot 2k = 0 \Rightarrow\ k^2 = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \qquad \beta = \sqrt{\frac{1}{1+1}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

411.- Tres condensadores iguales cada uno de capacidad C están colocados en serie. El conjunto se une a una batería que suministra un voltaje de U voltios. Una vez cargados los condensadores se retira la batería y al conjunto se le añaden dos resistencias iguales cada una de valor R, tal como se indica en la figura.



a) Determinar la energía calorífica que se produce en cada resistencia, transcurrido un tiempo muy grande.

b) Cuando el voltaje en el condensador 2 sea $\frac{U}{10}$, calcular el valor de la intensidad que en ese instante circula por las resistencias.

a) Al unir los condensadores a la batería, éstos se cargan, siendo Qi la carga de cada uno de ellos y U/3 la diferencia de potencial entre los extremos de cada uno.

$$C = \frac{Q_i}{\frac{U}{3}} \Rightarrow Q_i = \frac{CU}{3}$$

Al retirar la batería e introducir las resistencias los condensadores comienzan a descargarse y a hacer circular corriente por ellas. El condensador 2 se descarga con una rapidez doble que el 1 y el 3, este hecho queda reflejado en la figura 1.

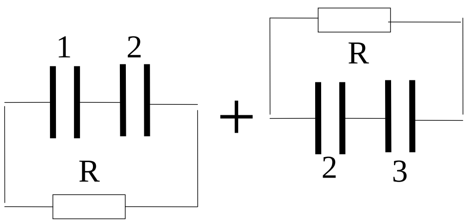


Fig.1

Se observa en dicha figura que el condensador número 2 se descarga por ambas resistencias, mientras que el 1 lo hace por la resistencia inferior y el 3 por la superior. Se deduce que al ser los tres condensadores iguales la corriente eléctrica que recorre las dos resistencias es la misma en todo instante. Ocurrirá que cuando el condensador 2 se haya descargado totalmente los condensadores 1 y 3 todavía retienen la mitad de su carga. Esta situación corresponde a la figura 2 a. y es una situación inestable pues los condensadores 1 y 3 comienzan a cargar el 2 con los signos que se indican en la figura 2b..La caga del condensador 2 se ha efectuado a través de las resistencias.
En la figura 2a , el ,condensador 2 no tiene carga y los condensadores 1 y 3 la mitad de la inicial, esto es, $\frac{CU}{6}$.

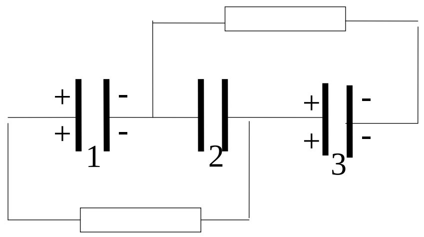


Fig. 2a

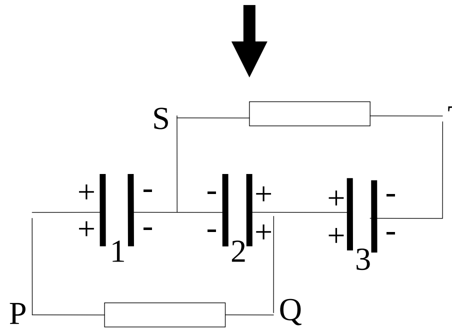


Fig. 2b

El proceso de la carga del condensador 2 terminará cuando las diferencias de potencial en los condensadores sean iguales. Observando atentamente la figura 2b se deduce que se puede hacer el siguiente esquema en la disposición de los condensadores y las resistencias (figura 3).

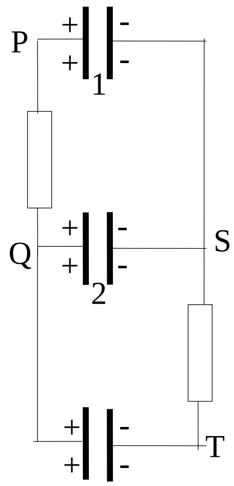


Fig.3

Designamos con Q_f la carga final de cada condensador y con U_f la diferencia de potencial

$$3Q_f = 2\frac{CU}{6} \Rightarrow \quad Q_f = \frac{CU}{9}$$

Analizamos las energías de los condensadores en las situaciones inicial y final.

$$\text{Inicial: } 3\cdot\frac{1}{2}C\left(\frac{U}{3}\right)^2 = \frac{CU^2}{6} \quad ; \qquad \text{Final: } 3\cdot\frac{1}{2}C\left(\frac{U}{9}\right)^2 = \frac{CU^2}{54}$$

La diferencia de estas energías ha pasado a las resistencias

$$\frac{CU^2}{6} - \frac{CU^2}{54} = \frac{8CU^2}{54} = \frac{4CU^2}{27}$$

Como se disipa en forma de calor la misma energía en cada resistencia, le corresponde a cada una $\frac{2CU^2}{27}$.

b) Calculamos la carga del condensador 2 cuando la diferencia de potencial es U/10.

$$C = \frac{q(2)}{\frac{U}{10}} \quad \Rightarrow \quad q(2) = \frac{CU}{10}$$

La variación de carga desde el inicio es:

$$\Delta Q = Q_i - q_i = \frac{CU}{3} - \frac{CU}{10} = \frac{7}{30}CU$$

Como los condensadores 1 y 3 se descargan a la mitad que el 2, la variación de carga en ellos es: $\Delta Q' = \frac{7}{60}CU$. La carga de los condensadores 1 y 3 cuando el 2 tiene q(2) es:

$$\frac{7}{60}CU = \frac{CU}{3} - q(1) \Rightarrow q(1) = \frac{CU}{3} - \frac{7CU}{60} = \frac{13CU}{60}$$

y la caída de tensión en cada condensador es:

$$\Delta V_1 = \Delta V_3 = \frac{\frac{13CU}{60}}{C} + \frac{\frac{CU}{10}}{C} = \frac{19U}{60}$$

Aplicamos la ley de Ohm a una de las resistencias

$$I = \frac{\Delta V_1}{R} = \frac{\frac{19U}{60}}{R} = \frac{19U}{60R}$$

412.- En algunas diagnosis médicas se precisa conocer el volumen de sangre del paciente. Un método consiste en preparar 1 cm^3 de disolución de glóbulos rojos marcados con el isótopo ^{99}Tc de vida media 6 horas. Esta disolución se inyecta al paciente en su sistema circulatorio.. Al cabo de hora y media se toman 20 cm^3 de su sangre y se determinan su actividad que resulta ser de 43,5 kBq. La actividad inicial de la muestra es de 15 MBq.

1.- Calcular el volumen de sangre del paciente.

2.- Calcular los gramos del isótopo del tecnecio que se han empleado para preparar la disolución.

El isótopo del tecnecio es un beta emisor y en la energía promedio de los electrones emitidos es 0,3 MeV. La masa del paciente es 70 kg.

3.- ¿Cuál es la dosis de energía que ha recibido el paciente en el supuesto de que la totalidad de la radiación ha sido absorbida?

4.- ¿Cuál es la dosis equivalente? La radiación promedio de una persona debido a fuentes naturales en España es 3,7 mSv en un año. Compare este valor con la recibida por el paciente

1.- La desintegración radiactiva obedece a la siguiente ley exponencial

$$N = N_o e^{-\lambda t} \quad (1)$$

No es el número de átomos en el tiempo t=0 y N los que quedan al cabo de un tiempo t. La constante de desintegración λ depende del átomo radiactivo y está ligada a la vida media. La vida media es el tiempo que transcurre para que el número de átomos de una muestra radiactiva se reduzca a la mitad

$$\frac{N_o}{2} = N_o e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \Rightarrow \ln\frac{1}{2} = -\lambda e^{T_{1/2}} \quad \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \quad \lambda = -\frac{\ln 0{,}5}{T_{1/2}} = -\frac{-0{,}693}{6\cdot 3660} = 3{,}21.10^{-5}s^{-1}$$

La actividad de una muestra radiactiva representa la variación con el tiempo del número de átomos que se desintegra de forma sencilla..

$$A = -\frac{dN}{dt} = -\frac{d\left[N_o e^{-\lambda t}\right]}{dt} = -N_o e^{-\lambda t}(-\lambda) = N_o e^{-\lambda t}\cdot\lambda = \lambda N \quad (2)$$

Según la ecuación (2) el número de átomos radiactivos que se desintegra por unidad de tiempo es proporcional al número de los que aún no se han desintegrado.

Sustituimos en la ecuación (1) el número de átomos por su actividad, resulta

$$\frac{A(t)}{\lambda} = \frac{A_o}{\lambda} e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad A(t) = A_o e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Calculamos la actividad de la muestra introducida en el paciente al cabo de hora y media

$$A(t) = 15 MBq . e^{-3,21.10^{-5} 0 \cdot 1,5 \cdot 3600} = 12,6 \ \ MBq$$

Esta es la actividad en todo el volumen V de sangre del paciente, por tanto:

$$\frac{20\,cm^3}{43,5\,kBq} = \frac{V}{12,6.10^3\,kBq} \qquad V = 5,79.10^3\,cm^3 \ = 5,79\,L$$

2..- $\frac{A_o}{\lambda} = N_o = \frac{15.10^6}{3,21.10^{-5}} = 4,7.10^{11}$

Un mol supone $6,02.10^{23}$ átomos y una de tecnecio de 99 gramos

$$\frac{99 \text{ g de Tc}}{6,02.10^{23}\,\text{átomos}} = \frac{x}{4,7.10^{11}\,\text{átomos}} \qquad x = 7,68.10^{-11}\,g$$

3.-

La energía recibida por el paciente

$$E = 4,7.10^{11} \cdot 0,3 \text{ MeV} = 1,41.10^{11}\,MeV = 1,41.10^{17}\,eV = 1,41.10^{17}\,eV \cdot 1,6.10^{-19}\,\frac{J}{eV} = 0,023J$$

La dosis depende la masa del paciente. La unidad en el sistema internacional es el gray, Gy que es igual a un J/ kg.

$$D = \frac{0,023J}{70\,kg} = 3,29.10^{-4}\,Gy$$

4) La dosis equivalente esta relacionada con la dosis recibida y el tipo de radiación, esto es, si son electrones, neutrones , rayos X, etc y esto se expresa mediante la relación

$$H = D \cdot factior$$

El factor depende del tipo de radiación recibida y en general varía de 1 a 20. Como la radiación emitida por el Tc son electrones el factor es 1. La unidad es el sievert , Sv

$$H = 3,29.10^{-4}\,Sv = 0,329 \text{ mSv}$$

$$\frac{0,329}{3,7} = 0,089$$

El efecto de la radiación sobre los humanos depende de la zona del cuerpo que la recibe, de la dosis y del tiempo en que se recibe esa dosis.