Tarea-Práctica 1.
Programación para la física computacional
Fundamentos de programación

Fecha de entrega: **25 de agosto de 2023**

1. **Caída de una pelota desde una torre:** Se deja caer una pelota desde una torre de altura h. Tiene velocidad inicial cero y acelera hacia abajo con la gravedad.

   Escribe un programa que le pida al usuario que ingrese la altura en metros de la torre y luego calcule e imprima el tiempo en segundos hasta que la pelota toque el suelo (ignora la resistencia del aire).

   Después, usa tu programa para calcular el tiempo de una pelota lanzada desde una torre de $100m$ de altura.

2. **Altitud de un satélite:** se va a lanzar un satélite en una órbita circular alrededor de la Tierra de modo que orbite el planeta una vez cada T segundos.

   (a) Demuestre que la altitud h sobre la superficie de la Tierra que debe tener el satélite es:
   $$h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} - R,$$
   donde $G = 6.67 \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$ es la constante gravitatoria de Newton, $M = 5.97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$ es la masa de la Tierra y $R = 6371\,\mathrm{km}$ es su radio.

   (b) Escribe un programa que le pida al usuario que ingrese el valor deseado de T y luego calcula e imprima la altitud correcta en metros.

   (c) Utiliza tu programa para calcular las altitudes de los satélites que orbitan la Tierra una vez al día (la llamada órbita *geoestacionaria*), una vez cada **90 minutos** y una vez cada **45 minutos**. ¿Qué concluyes de este último cálculo?

3. **Relatividad especial:** Una nave espacial viaja desde la Tierra en línea recta a una velocidad relativista v a otro planeta a x años luz de distancia.

Escribe un programa que le pida al usuario el valor de x y la velocidad v como una fracción de la velocidad de la luz c, y que imprima el tiempo en años que tarda la nave espacial en llegar a su destino

(a) en el marco de reposo de un observador en la Tierra y

(b) como lo percibiría un pasajero a bordo de la nave.

Usa tu programa para calcular las respuestas para un planeta a 10 años luz de distancia con $v = 0.99c$

4. **Órbitas planetarias:** En el espacio, la órbita de un cuerpo alrededor de otro (como un planeta alrededor del Sol), no necesariamente es circular. En general, toma la forma de una elipse, con el cuerpo a veces más cerca y otras más lejos. Si tenemos la distancia ℓ_1 de máxima aproximación de un planeta al Sol (su *perihelio*), y su velocidad lineal v_1 en el perihelio, entonces cualquier otra propiedad de la órbita se puede calcular a partir de estas dos cantidades de la siguiente manera:

   (a) La segunda ley de Kepler nos dice que la distancia ℓ_2 y la velocidad v_2 del planeta en su punto más distante, o *afelio*, satisfacen que $\ell_2 v_2 = \ell_1 v_1$. Al mismo tiempo, la energía total, cinética más la gravitatoria, de un planeta con velocidad v y distancia r del Sol está dada por:

   $$E = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r},$$

   donde m es la masa del planeta, $M = 1.9891 \times 10^{30}\,\mathrm{kg}$ es la masa del Sol y $G = 6.6738 \times 10^{-11}\,\mathrm{m}^3\,\mathrm{kg}^{-1}\,\mathrm{s}^{-2}$ es la constante gravitatoria de Newton. Dado que la energía debe conservarse, demuestre que v_2 es la raíz más pequeña de la ecuación cuadrática:

   $$v_2^2 - \frac{2GM}{v_1\ell_1}v_2 - \left[v_1^2 - \frac{2GM}{\ell_1}\right] = 0.$$

   Una vez que tenemos v_2 podemos calcular ℓ_2 usando la relación $\ell_2 = \ell_1 v_1 / v_2$.

   (b) Dados los valores de v_1, ℓ_1, y ℓ_2; otros parámetros de la órbita se obtienen mediante fórmulas simples que pueden derivarse de las leyes de Kepler y del hecho de que la órbita es una elipse:

   $$\begin{aligned} \text{Semieje mayor:} \quad & a = \tfrac{1}{2}(\ell_1 + \ell_2), \\ \text{Semieje menor:} \quad & b = \sqrt{\ell_1 \ell_2}, \\ \text{Período orbital:} \quad & T = \frac{2\pi ab}{\ell_1 v_1}, \\ \text{Excentricidad orbital:} \quad & e = \frac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_2 + \ell_1}. \end{aligned}$$

   Escribe un programa que le pida al usuario que ingrese la distancia al Sol y la velocidad en el perihelio; para que calcule e imprima las cantidades ℓ_2, v_2, T y e.

(c) Prueba tu programa haciendo que calcule las propiedades de las órbitas de la Tierra (para las cuales $\ell_1 = 1.4710 \times 10^{11}$ m y $v_1 = 3.0287 \times 10^4\,\mathrm{m\,s^{-1}}$) y del cometa Halley ($\ell_1 = 8.7830 \times 10^{10}$ m y $v_1 = 5.4529 \times 10^4\,\mathrm{m\,s^{-1}}$). Entre otras cosas, deberías encontrar que el período orbital de la Tierra es de un año y el del cometa Halley es de unos 76 años.

5. **La fórmula semiempírica de la masa (FSM)** En física nuclear, la **fórmula de Weizsäcker** (conocida también como fórmula semiempírica) sirve para evaluar la masa y otras propiedades de un núcleo atómico; y está basada parcialmente en mediciones empíricas. En particular la fórmula se usa para calcular la ***energía de enlace nuclear aproximada*** B, de un núcleo atómico con número atómico Z y número de masa A:

$$B = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_4 \frac{(A-2Z)^2}{A} + \frac{a_5}{A^{1/2}},$$

donde, en unidades de millones de electrón-volts, las constantes son $a_1 = 15.8$, $a_2 = 18.3$, $a_3 = 0.714$, $a_4 = 23.2$ y

$$a_5 = \begin{cases} 0 & \text{si } A \text{ es impar,} \\ 12.0 & \text{si } A \text{ y } Z \text{ son pares (ambos),} \\ -12.0 & \text{si } A \text{ es par y } Z \text{ impar.} \end{cases}$$

(a) Escribe un programa que tome como entrada los valores de A y Z, e imprima la energía de enlace B para el átomo correspondiente. Usa tu programa para encontrar la energía de enlace de un átomo con $A = 58$ y $Z = 28$ (Hint: La respuesta correcta es alrededor de los 490 MeV).

(b) Modifica el programa del inciso anterior, para escribir una segunda versión que imprima no la energía de enlace total B, sino la energía de unión por nucleón, que es B/A.

(c) Escribe una tercera versión del programa para que tome como entrada solo un valor del número atómico Z y luego pase por todos los valores de A desde $A = Z$ hasta $A = 3Z$, para encontrar el que tiene la mayor energía de enlace por nucleón. Este es el núcleo más estable con el número atómico dado. Haz que tu programa imprima el valor de A para este núcleo más estable y el valor de la energía de enlace por nucleón.

(d) Finalmente, escribe una cuarta versión del programa que, en lugar de tomar Z como entrada, se ejecute a través de todos los valores de Z de 1 a 100 e imprima el valor más estable de A para cada uno. ¿A qué valor de Z se produce la energía de enlace máxima por nucleón? (La respuesta correcta, en la vida real, es $Z = 28$, que corresponde al Níquel).