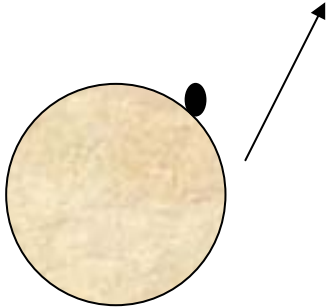


VELOCIDAD DE ESCAPE

1) Deducción de la fórmula de la velocidad de escape a partir de su definición

Llamamos velocidad de escape de cualquier objeto en relación a un cuerpo celeste, como, por ejemplo, un planeta, de radio R a la velocidad que es necesario lanzar dicho objeto para que no regrese al planeta.



Para deducir la expresión de la velocidad de escape v^* que hay que comunicar al objeto aplicamos la relación entre el trabajo exterior y la variación de energía $\Delta E = W_{\text{ext}}$ en la transformación que tiene lugar desde que el objeto es lanzado a la velocidad v^* hasta que llegara hipotéticamente a una distancia infinita con velocidad nula. Los incrementos de energía y el trabajo exterior son:

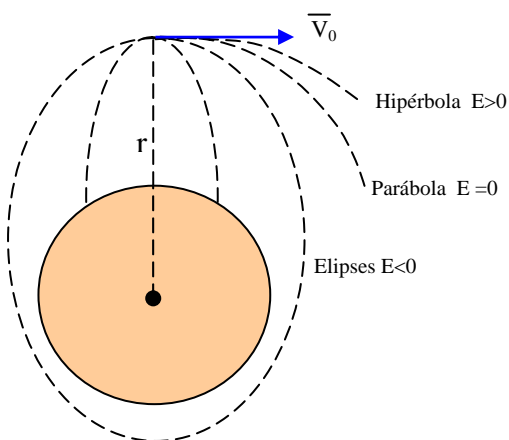
$$\Delta E_c = 0 - \frac{mv^{*2}}{2} \quad \Delta E_{pg} = 0 - \left[-\frac{GMm}{R} \right] \quad W_{\text{ext}} = 0 \text{ (no hay fuerzas ext.)}$$

La variación de energía total ha de ser igual al trabajo exterior, es decir:

$$\frac{GMm}{R} - \frac{mv^{*2}}{2} = 0 \quad \text{De donde deducimos la expresión de la velocidad de escape: } v^* = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

2) Deducción de de la fórmula de la velocidad de escape mediante un balance de energías

Resulta interesante relacionar el tiro horizontal con la velocidad de escape. Para ello, nos fijamos en la figura adjunta en la que se han dibujado varios lanzamientos horizontales a velocidades diferentes. Una vez realizado uno de estos lanzamientos horizontales desde un lugar situado a una distancia r del centro del planeta, realizamos un balance energético del sistema formado por la Tierra y el objeto. Este balance plantea tres posibilidades:



a) Que la energía total sea negativa, es decir, que la energía potencial en valor absoluto sea mayor que la energía cinética. En ese caso, el objeto está ligado al planeta (cae al suelo terrestre o permanece en órbita elíptica o circular)

b) Que la energía total sea nula, es decir que el valor absoluto de la energía potencial coincida en todo momento con el valor de la energía cinética. En ese caso, el objeto se puede alejar indefinidamente de la

Tierra y a una distancia infinita su velocidad sería 0. La velocidad que tiene el objeto en este caso es exactamente la velocidad de escape.

c) Que la energía mecánica sea positiva, es decir, que la energía cinética siempre supere al valor absoluto de la energía potencial. Al objeto le sobre energía cinética para escapar de la atracción gravitatoria terrestre y describe una hipérbola.

Teniendo en cuenta lo expresado en el apartado b), igualamos la energía total del sistema a cero para obtener la velocidad de escape del objeto. Adoptando un sistema de referencia en el centro del planeta, escribimos:

$$E_{\text{planeta-objeto}} = E_{c\text{-objeto}} + E_{pg\text{-sistema}} = \frac{mv^{*2}}{2} - \frac{GMm}{r} = 0$$

De donde se deduce la expresión de la velocidad de escape:

$$v^* = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

c) Algunas aplicaciones de la velocidad de escape:

La expresión obtenida de la velocidad de escape permite calcular el valor de esta magnitud en cualquier planeta, estrella o satélite de masa y radio conocidos. Así, por ejemplo, en la Tierra se obtiene el valor de $11179\frac{1}{4}$ m/s y en la Luna 2376.4 m/s.

Resulta interesante relacionar estos resultados sobre los valores de la velocidad de escape en la Tierra y en la Luna con la formación de la atmósfera terrestre. Ambos objetos (la Tierra y la Luna) están situados aproximadamente a la misma distancia del Sol y, desde que se produjeron las expediciones espaciales a Luna se sabe que en ambos existía agua (en la Luna quedan restos de hielo) Por tanto, podemos suponer que la energía proporcionada por el Sol debería haber provocado en ambos el proceso de evaporación del agua, pero mientras las moléculas de agua terrestres quedaron atrapadas por la atracción gravitatoria de nuestro planeta, las moléculas de agua lunares podían escapar de la atracción gravitatoria de nuestro satélite, dado que se movían en el proceso de evaporación a una velocidad similar (al ser calentadas ambas por el Sol), pero en la Luna la velocidad de escape es mucho menor. Esta es una de las razones que facilitaron la formación de la atmósfera terrestre, una capa protectora, sin cuya presencia no se podría haber desarrollado vida en nuestro planeta.