

LA ESFERA DE HILL

Antonio Bernal González

Complemento al artículo sobre el tema publicado en la revista Astronomía, abril de 2023

La esfera de Hill es el espacio alrededor de un planeta dentro del cual un cuerpo, por ejemplo un satélite, está atrapado por la gravedad del planeta. Fue estudiada por el astrónomo norteamericano George William Hill, a principios del siglo XX.

El radio de la esfera de Hill está definido por la siguiente fórmula:

$$r_H = a(1 - e) \sqrt[3]{m/3M}$$

En la que los significados de las variables son los siguientes:

r_H es el radio de Hill

a es el semieje mayor de la órbita del planeta

e es la excentricidad del planeta

m es la masa del planeta

M es la masa de la estrella.

En el caso del par Tierra-Sol los valores son:

$$a = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$$

$$e = 0,0167$$

$$m = 5,97 \times 10^{24}$$

$$M = 1,99 \times 10^{30}$$

Si ponemos los valores en la fórmula encontramos que el radio de Hill de la Tierra es de 1,47 millones de kilómetros, mucho más allá de la distancia a la Luna. Podemos concluir, entonces que la Luna está atrapada por la Tierra, a pesar de que el Sol tiene un efecto gravitatorio sobre ella, mayor que el de la Tierra.

La fórmula se obtiene igualando las fuerzas centrífugas y gravitatorias que actúan sobre el satélite con lo cual obtenemos un polinomio del que podemos descartar los términos de orden superior. Es por eso que la expresión arroja un valor aproximado pero con exactitud suficiente para efectos prácticos.

Para excentricidades muy bajas, podría suprimirse el término entre paréntesis y la fórmula quedaría simplificada así:

$$r_H = a \sqrt[3]{m/3M}$$

En el caso de la Tierra, la diferencia en el resultado es menor de un 2% si usamos la expresión simplificada.

Los siguientes son los radios de Hill de los planetas del Sistema Solar. La última columna es la fracción del radio de Hill a la que está el satélite más alejado.

Astro	Radio Hill (km)	Satélite más lejano (km)	Fracción del radio de Hill
Mercurio	175 300	—	
Venus	1 004 200	—	
Tierra	1 471 400	384 000	0,26
Mars	982 700	23 935	0,024
Júpiter	50 573 600	24 863 000	0,49
Saturno	61 634 000	26 703 200	0,43
Urano	66 783 100	20 435 000	0,305
Neptuno	115 030 700	50 264 900	0,44
Plutón	5 992 100	64 327	0,01
Eris	8 117 600	37 400	0,005
Ida	7 865	90	0,00002