**Ejemplo: el cohete V–2**

    El cohete militar V–2, utilizado por Alemania en 1945, pesaba aproximadamente 12 toneladas (12,000 kg) cargado con combustible y solo 3 toneladas (3,000) vacío. Su motor creaba un empuje de 240,000 N (newtons). Aproximando g a un valor de 10m/s2, ¿cuál era la aceleración del V–2 (1) al despegar, (2) justo antes de terminarse el combustible?

**Solución**     Haga que la dirección hacia arriba sea positiva, la dirección hacia abajo negativa: utilizando esta convención, podremos trabajar con números en lugar de vectores. Al despegar, dos fuerzas actúan sobre el cohete: un empuje de +240,000 N, y el peso del cohete cargado, mg =–120,000 N (¡si el empuje fuera menor a 120,000 N, el cohete nunca se levantaría!). La fuerza total hacia arriba es por lo tanto

F = + 240,000 N – 120,000 N = +120,000 N,

y la aceleración inicial, de acuerdo a la segunda ley de Newton, es

a = F/m = +120,000 N/12,000 kg = 10 m/s2 = 1 g

Asi, el cohete comienza a elevarse con la misma aceleración que una piedra al comenzar a caer. Al irse consumiendo el combustible, la masa m decrece pero la fuerza no, así que esperamos que a se haga aún más grande. Al acabarse el combustible, mg = –30,000 N y tenemos

F = + 240,000 N – 30,000 N = +210,000 N,

dando

a = F/m = +210,000 N/3,000 kg = 70 m/s2 = 7 g

El hecho que la aceleración se incremente al irse quemando el combustible es particularmente importante durante los vuelos espaciales tripulados, cunado la carga incluye a astronautas vivientes. Al darle al cuerpo de un astronuata una aceleración de 7 g, este experimentará una fuerza de hasta 8 veces su peso (¡la gravedad aún contribuye!), creando una tensión excesiva (3–4 g es probablemente el límite sin trajes especiales). Es difícil controlar el empuje de un cohete, pero un cohete de varias etapas puede desprender la primera etapa antes de que ***a*** se haga demasiado grande, y continuar con un motor más pequeño. De lo contrario, tal y como ocurre con el transbordador espacial y el cohete Atlas original, algunos motores de cohetes se apagan o desprenden, mientras que los otros continúan operando.