سرعت گریز

مجید کوهستانیان
دبیر زمین‌شناسی شهر قوچان

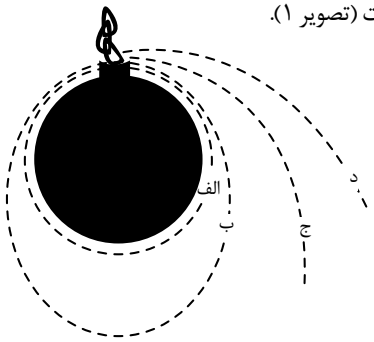
اشاره

در فصل ۹ کتاب علوم زمین سال چهارم، اشاره‌ای مختصر به سرعت گریز در سیارات شده است. آنچه در ادامه خواهد آمد، مروری کوتاه بر این موضوع است تا به روشن شدن مطلب کمک کند. به‌علاوه، برای اثربخشی بیشتر، چند نمونه مسئله نیز حل شده است.

کلیدواژه‌ها: ثابت جهانی، سرعت گریز، پرتابه، فضاپیما، میدان گرانشی، ستارهٔ سرگردان

سرعتی که در آن، یک جسم یا یک پرتابه از جاذبهٔ زمین یا اجرام آسمانی دیگر فرار می‌کند، «سرعت گریز» نامیده می‌شود

می‌دانید که اگر به فرض، یک گلولهٔ توپ را با سرعت ۸km/s از قلهٔ کوهی بلند به صورت افقی شلیک کنیم، گلوله در مدار زمین قرار خواهد گرفت. اما اگر همین گلوله را با همین سرعت رو به بالا شلیک کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟ گلوله به بالاترین ارتفاع خود در فضا می‌رسد، سپس به زمین بازمی‌گردد. بنابراین آنچه قدما می‌گفتند که «هرچه بالا می‌رود، باید پایین بیاید»، درست است. اما اگر سرعت شلیک زیادتر باشد، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ در عصر فضا باید بگوییم «آنچه بالا می‌رود، ممکن است پایین بیاید»، زیرا اگر سرعت پرتاب از حد معینی بیشتر شود، پرتابه از زمین خواهد گریخت. از این‌رو سرعتی که در آن، یک جسم یا یک پرتابه از جاذبهٔ زمین یا اجرام آسمانی دیگر فرار می‌کند، «سرعت گریز» نامیده می‌شود. سرعت گریز برای زمین، ۱۱/۲ km/s است (تصویر ۱).



تصویر ۱: الف. اگر یک سوپرمن گلوله‌ای را با سرعت ۸ کیلومتر در ثانیه از قلهٔ کوهی بلند به صورت افقی پرتاب کند، حدود ۹۰ دقیقه بعد می‌تواند دور زمین بچرخد و آن گلوله را بگیرد (البته به شرطی که زمین به دور خود نچرخد).
ب. اگر سرعت پرتاب اندکی بیشتر شود، هر گلوله مداری بیضی‌شکل را می‌پیماید و بعد از مدت زمانی طولانی‌تر، باز خواهد گشت.
ج. اگر سوپرمن گلوله را با سرعت بیش از ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه پرتاب کند، گلوله از زمین فرار خواهد کرد.
د. اگر سرعت پرتاب بیش از ۴۲/۵ کیلومتر در ثانیه باشد، گلوله از منظومهٔ شمسی فرار می‌کند.

سرعت گریز برای هر سیاره یا جسمی، از رابطهٔ $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{d}}$ به‌دست می‌آید. در این رابطه:

G ثابت جهانی گرانش ($۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ \frac{m^3}{kgs^2}$)؛

M جرم سیاره یا جسم؛

جدول ۱. سرعت گریز برای اجرام مختلف منظومهٔ شمسی

نوع اجرام آسمانی	جرم (نسبت به جرم زمین)	شعاع (نسبت به شعاع زمین)	سرعت گریز (کیلومتر در ثانیه)
خورشید	۳۳۳۰۰۰	۱۰۹	۶۲۰
خورشید (در فاصلهٔ مداری زمین)		۲۳۵۰۰	۴۲/۲
مشتری	۳۱۸	۱۱	۶۰/۲
زحل	۹۵/۲	۹/۲	۳۶
نپتون	۱۷/۳	۳/۴۷	۲۴/۹
اورانوس	۱۴/۵	۳/۷	۲۲/۳
زمین	۱	۱	۱۱/۲
زهره	۰/۸۲	۰/۹۵	۱۰/۴
مریخ	۰/۱۱	۰/۵۳	۵
عطارد	۰/۰۵۵	۰/۳۸	۴/۳
ماه	۰/۰۱۲۳	۰/۲۷	۲/۴

و D فاصله از مرکز سیاره یا جسم است.

بـرای اینکه جسـمی از جاذبـهٔ زمین فرار کنـد، به ۶۲ میلیون‌ژول بر کیلوگرم انرژی نیاز است، یعنی سرعت آن باید ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه باشد.

سـرعت گریز برای اجرام مختلف در منظومه شمسی در جدول ۱ آورده شده است. توجه کنید که سرعت گریز از سطح خورشـید، ۶۲۰ کیلومتر در ثانیه اسـت. حتی در فاصلهٔ ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید (فاصلهٔ زمین تا خورشید)، سرعت گریز از جاذبهٔ خورشـید، ۴۲/۵ کیلومتر بر ثانیه اسـت، یعنی از سـرعت گریز از زمین بسیار بیشتر اسـت. به عبارت دیگر، پرتابه‌ای که با سرعتی بیش از ۱۱/۲ و کمتر از ۴۲/۵ کیلومتر در ثانیه از روی زمین به بالا پرتاب شود، از زمین فرار می‌کند، اما اگر از خورشید پرتاب شود فرار نمی‌کند.

اولین مأموریت برای فرار یک فضاپیما (فضاپیمای پایونیر ۱۰)[1] از منظومهٔ شمسـی در سـال ۱۹۷۲ انجام گرفت و این فضاپیما با سـرعت ۱۵ کیلومتر در ثانیـه از روی زمین پرتاب شـد. پایونیر ۱۰ برای فرار به سمت مدار مشتری برنامه‌ریزی شده بود. این فضاپیما تحت تأثیر میدان گرانشی عظیم مشتری شـتاب گرفت و سرعت آن به حدی رسید که از سرعت فرار از خورشـید (در مدار مشتری) هم بیشتر شد. پایونیر ۱۰ که در سـال ۱۹۸۴ از مدار پلوتو گذشت، اگر با جرم دیگری برخورد نمی‌کرد، در فضای بین سـتاره‌ای سرگردان می‌ماند. البته در سـال ۱۹۹۷ دانشـمندان پایان مأموریت آن را اعلام کردند و ناپدید شد. در مدتی که پایونیر ۱۰ در فضا بود اطلاعات مهمی را از وضعیت فضا به زمین مخابره کرد.

اکنون برای روشـن شدن مطلب، سه نمونه مسئله را حل می‌کنیم.

مسئله ۱: حداقل سرعت لازم برای اینکه فضاپیمای آپولو ۱۱ از گرانش زمین فرار کند چقدر است؟

جـرم زمیـن = $۵/۹۷\times۱۰^{۲۴}\ kg$، شـعاع زمیـن = $۶/۳۷۸\times۱۰^{۶}\ m$،

ثابت جهانی گرانش = $۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ \frac{m^۳}{kgs^۲}$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲GM_E}{d}}$$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲\times(۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{m^۳}{kgs^۲})\times(۵-۹۷\times۱۰^{۲۴}kg)}{۶/۳۷۸\times۱۰^{۶}m}}$$

$$v_e=\sqrt{۱/۲۵\times۱۰^{۸}\frac{m^۳kg}{mkgs^۲}}$$

$$v_e=\sqrt{۱/۲۵\times۱۰^{۸}\frac{m^۲}{s^۲}}$$

$$v_e=۱/۱۲\times۱۰^{۴}\frac{m}{s}$$

$$v_e=۱۱/۲\frac{km}{s}$$

مسئله ۲: حداقل سـرعت لازم برای اینکه یک ذره از سطح خورشید فرار کند چقدر است؟

جرم زمین = $۲\times۱۰^{۳۰}\ kg$، شعاع خورشید = $۶/۹۵۵\times۱۰^{۸}\ m$،

ثابت جهانی گرانش = $۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ \frac{m^۳}{kgs^۲}$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲GM_S}{d}}$$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲\times(۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{m^۳}{kgs^۲})\times(۲\times۱۰^{۳۰}kg)}{۶/۹۵۵\times۱۰^{۸}m}}$$

$$v_e=\sqrt{۳/۸۳۶\times۱۰^{۱۱}\frac{m^۳kg}{mkgs^۲}}$$

$$v_e\approx۶۲۰۰۰\frac{m}{s}$$

$$v_e\approx۶۲۰\frac{km}{s}$$

مسـئله ۳: برای اینکه یک فضاپیما در فاصلهٔ مداری نپتون از منظومهٔ شمسـی (گرانش خورشید) فرار کند، سرعت آن باید حداقل چقدر باشد؟

جرم خورشید = $۲\times۱۰^{۳۰}\ kg$، فاصله از مرکز خورشید تا مدار نپتون = $۴/۵\times۱۰^{۱۲}\ m$، ثابت جهانی گرانش = $۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ \frac{m^۳}{kgs^۲}$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲GM_S}{d}}$$

$$v_e=\sqrt{\frac{۲\times(۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{m^۳}{kgs^۲})\times(۲\times۱۰^{۳۰}kg)}{۴/۵\times۱۰^{۱۲}m}}$$

$$v_e=\sqrt{۵/۹۸۲\times۱۰^{۷}\frac{m^۳kg}{mkgs^۲}}$$

$$v_e=\sqrt{۵/۹۸۲\times۱۰^{۷}\frac{m^۲}{s^۲}}$$

$$v_e\approx۷۷۰۰\frac{m}{s}$$

$$v_e\approx۷/۷\frac{km}{s}$$

اولین مأموریت برای فرار یک فضاپیما (فضاپیمای پایونیر ۱۰) از منظومهٔ شمسی در سال ۱۹۷۲ انجام گرفت و این فضاپیما با سرعت ۱۵ کیلومتر در ثانیه از روی زمین پرتاب شد

پی‌نوشت

1. Pioneer 10

منابع

1. Hewitt P. G., Suchocki, J., & Hewitt L. A. (2012) Conceptual physical science. Pearson Education, Inc., 5th edition

2. Palen, S. E. (2002) Theory and Problems of Astronomy. The McGraw-Hill Companies, Inc., 234 pp.