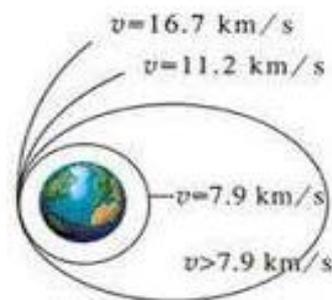


■人工衛星の運動

- 第1宇宙速度（7.9km/秒）：地球表面を周回する最小速度。
- 第2宇宙速度（11.2km/秒）：地球の引力圏を脱出する最小速度。
- 第3宇宙速度（16.7km/秒）：太陽の引力圏を脱出する最小速度。



◎第1宇宙速度

- ・第1宇宙速度というのは地球の表面で物体が円周運動できる必要最小限の速度をいいます。人工衛星の質量を m 、速さを v とします。地球の中心から衛星までの距離はほとんど地球の半径と等しく、衛星に働く万有引力と遠心力の2つの力のつり合いから

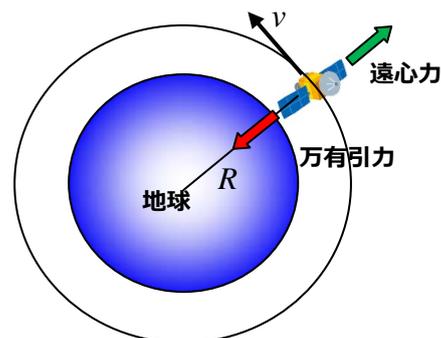
$$\text{万有引力}=\text{遠心力} : G \frac{mM}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

が成り立ちます。これから、第1宇宙速度は

$$\text{地球を回る速さ} : v = \sqrt{GM/R}$$

と求められます。また、人工衛星は地球を1周するのに要する時間は

$$\text{地球を1周する時間} : T = 2\pi R/v$$



となります。地球の半径 $R = 6.4 \times 10^3$ km, 質量 $M = 6 \times 10^{24}$ kg, 万有引力定数 $G = 6.7 \times 10^{-11}$ を入れて

$$\star \text{第1宇宙速度} : v = 7.9 \text{ km/秒}, \quad \star \text{地球周回時間} : T = 5.08 \times 10^3 \text{ (秒)} = 85 \text{ 分}$$

と求められます。85分間で地球を1周！！新幹線の最高速度（約300km/h）の約3600倍の速さ！

Q>静止衛星の高度はどのくらいですか？

A >高度が高くなるほど地球を1周する時間が長くなります。地球の自転と同じ速さの静止衛星の高度は約3万6千kmで、富士山の高さ（3,776m）の約1万倍となります。

◎第2宇宙速度

- ・第2宇宙速度は地球の引力から脱出する必要最小限の速度で、人工衛星は放物線軌道を描きながら飛び去っていくことから**地球脱出速度**とも呼ばれます。アポロ宇宙船は第2宇宙速度で月へ行きました。第2宇宙速度を求めましょう。速度 v で人工衛星を打ち上げ、無限遠に到達したところで速度が $v = 0$ になるとすると、力学的エネルギー保存の法則より

$$\text{エネルギーは保存される} : \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{mM}{R} = \frac{1}{2}m \times 0^2 - G \frac{mM}{\infty} \quad \therefore v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

これから

$$\star \text{第2宇宙速度} : v = 11.2 \text{ km/秒}$$

Q>第1宇宙速度と第2宇宙速度の中間の速度で打ち上げた場合はどうなりますか？

A> その場合は楕円軌道进行することになります。

◎第3宇宙速度

- ・第3宇宙速度は、太陽系の外へ飛び去っていく速度で、人工衛星は双曲線軌道を描いて無限のかなたに去っていきます。

$$\star \text{第3宇宙速度} : 16.7 \text{ km/秒}$$

1977年に打ち上げられたボイジャーは太陽系外へ旅立った。。。

