

## F09 しおり 万有引力

### 1. 万有引力

#### (1) 万有引力の法則

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

#### (2) 万有引力と重力の関係

① 重力 = 万有引力 + 遠心力

③ 万有引力 = 重力  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$

#### (3) 円軌道

① 円軌道は等速円運動として解く

② 円軌道速度  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  高さ  $h$  の軌道速度  $v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$

③ 質量  $M$  と  $m$  の共通重心の周りを回る天体の運動は、天体間距離を  $m:M$  に内分する点が重心である。

#### (4) ケプラーの第一法則

① 惑星は太陽をひとつの焦点とする楕円軌道を描く

② 楕円上の点から各焦点をつなぐ線分の和は長径と等しい

③ 平均半径は長半径と等しい

④ 楕円の面積は  $\pi ab$

#### (5) ケプラーの第二法則

面積速度は一定である。  $\frac{1}{2}rv = \text{一定}$  (数Ⅲ必要)

#### (6) ケプラーの第三法則

①  $\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$

② 周期は楕円の形に関係なく軌道長半径のみで決まる。

#### (7) 万有引力による位置エネルギー

①  $U = -\frac{GMm}{R}$

②  $U = mgh$  とは基準が異なる。①②は同じであることが証明できること。

#### (8) 楕円軌道必殺技、

① ケプラーの第二法則  $rv = Ru$

② エネルギー保存則  $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} = \frac{1}{2}mu^2 - \frac{GMm}{R}$

③ 周期が関係するときはケプラーの第三法則

#### (9) 脱出速度

脱出速度  $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$  円軌道速度の  $\sqrt{2}$  倍である。

#### ● 対策

- ・ 円軌道は円運動として解く。
- ・ 公式誘導の後、楕円軌道は楕円軌道必殺技で解く。

● 基本問題集対象問題 21~29

● 証明問題集対象問題 65~67

● セミナー対象問題 233~247

● 重問対象問題

49,50