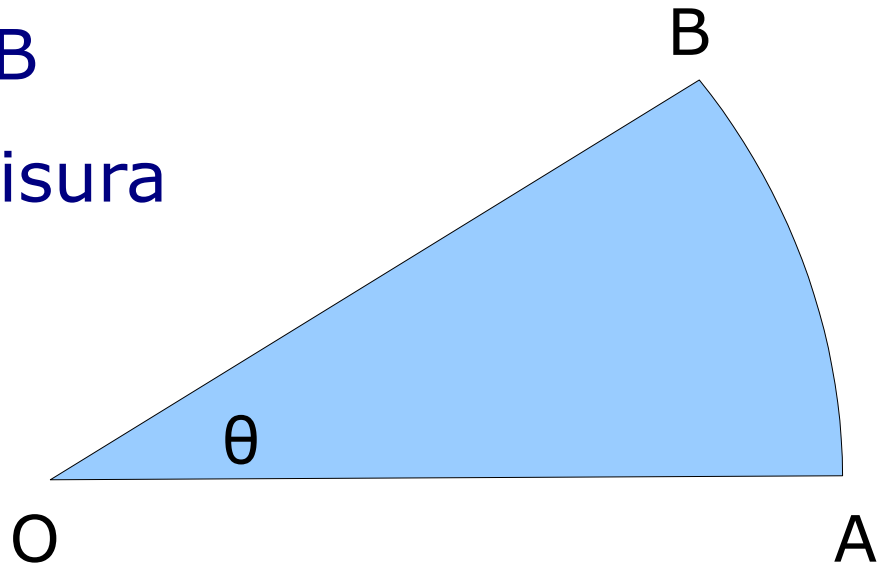


# Moto circolare uniforme

- Un oggetto si muove lungo una circonferenza con velocità costante
- $T$ , il tempo che impiega a tornare al punto di partenza, è il periodo
- $f = 1/T$  è la frequenza ( $s^{-1}$  o Hertz (Hz))
- $T = 2\pi R / v$  ?  $v = 2\pi R / T$
- $\omega = 2\pi / T$  è la pulsazione angolare (Hz)
- Gli angoli vanno misurati in radianti

# Radiani

- Il rapporto tra l'arco AB e il raggio OA è una misura dell'angolo  $\theta$
- È adimensionato
- Si chiama radiante
- 1 angolo giro =  $2\pi$  radianti
- 1 angolo piatto =  $\pi$  radianti, retto =  $\pi/2$  radianti
- Angolo in gradi =  $180/\pi$  angolo in radianti



# Accelerazione centripeta

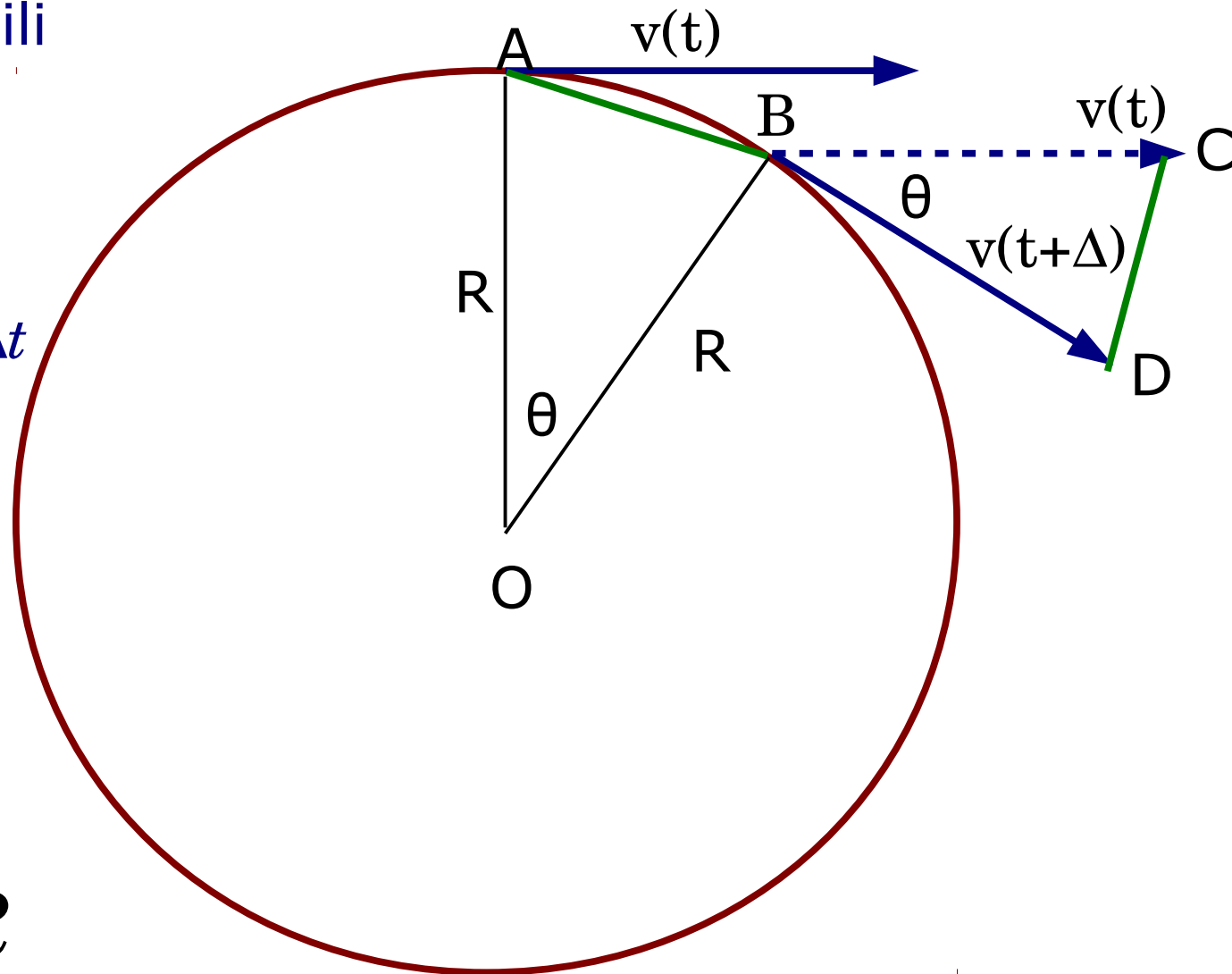
*OAB* e *BCD* sono simili

$$CD / BC = AB / OB$$

$$\Delta v / v = AB / AO \approx \theta$$

$$\Delta v / v = \theta = \omega \Delta t = v / R \Delta t$$

$$\Delta v / \Delta t = v^2 / R = \omega^2 R$$



$$a = v^2 / R = \omega^2 R$$

# Esiste la forza centrifuga?

- Facciamo ruotare un oggetto attaccato a una fune e lasciamolo andare: che direzione prende?
- L'accelerazione centripeta è esattamente quella che serve per mantenere un oggetto in moto circolare, non deve essere bilanciata da nulla
- Il terzo principio dice che l'oggetto eserciterà una forza su di me, non che ci sarà una forza opposta a quella centripeta sull'oggetto in movimento
- Se tengo un oggetto con una fune, la tensione di questa deve essere considerata nel problema

# Gravitazione

- Il moto di un oggetto che cade sulla superficie della Terra è uniformemente accelerato verso il centro della Terra
- Il moto della luna è (circa) circolare e uniformemente accelerato verso il centro della Terra. Può essere la stessa forza?
- Accelerazione centripeta della luna

$$v = 2\pi \cdot 384000 \text{ Km} / 28 \text{ gg} = 10^3 \text{ m/s}$$

$$a = (10^3 \text{ m/s})^2 / 384000 \text{ Km} = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

# Legge dell'inverso dei quadrati

- accelerazione /distanza Terra-Luna al quadrato =

$$2.6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2 \cdot (384000 \text{ Km})^2 = 3.83 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 / \text{s}^2$$

- $g \cdot R^2 = 9.81 \cdot (6300 \text{ Km})^2 = 3.89 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 / \text{s}^2$

- Quindi  $a \sim 1/R^2$  e  $F \sim ma/R^2$ .

- Per la terza legge della dinamica

$$F = G m_1 m_2 / R^2.$$

- Sperimentalmente  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{Kg}^2$

# Gravità vicino alla superficie terrestre

- Se  $R$  è il raggio terrestre  $a = g$

$$g = G M_T / R_T^2 \rightarrow M_T = g R_T^2 / G$$

$$9.81 \text{ m s}^{-2} (6.3 \cdot 10^6 \text{ m})^2 / 6.67 \cdot 10^{-11} = 5.83 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

- Ottengo così una stima della massa della Terra

# Satelliti e orbite geostazionarie

- Per ricevere la TV satellitare il satellite deve stare "fermo" rispetto all'antenna
- L'antenna ruota con la Terra e quindi anche il satellite deve fare un giro al giorno

$$\omega = 2\pi/T = 6.28/86400 \text{ Hz} = 7.27 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$$

$$a = v^2/R = \omega^2 R = G M_T / R^2 \rightarrow R^3 = G M_T / \omega^2$$

$$R^3 = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} / (7.27 \cdot 10^{-5})^2 \text{ m}^3$$

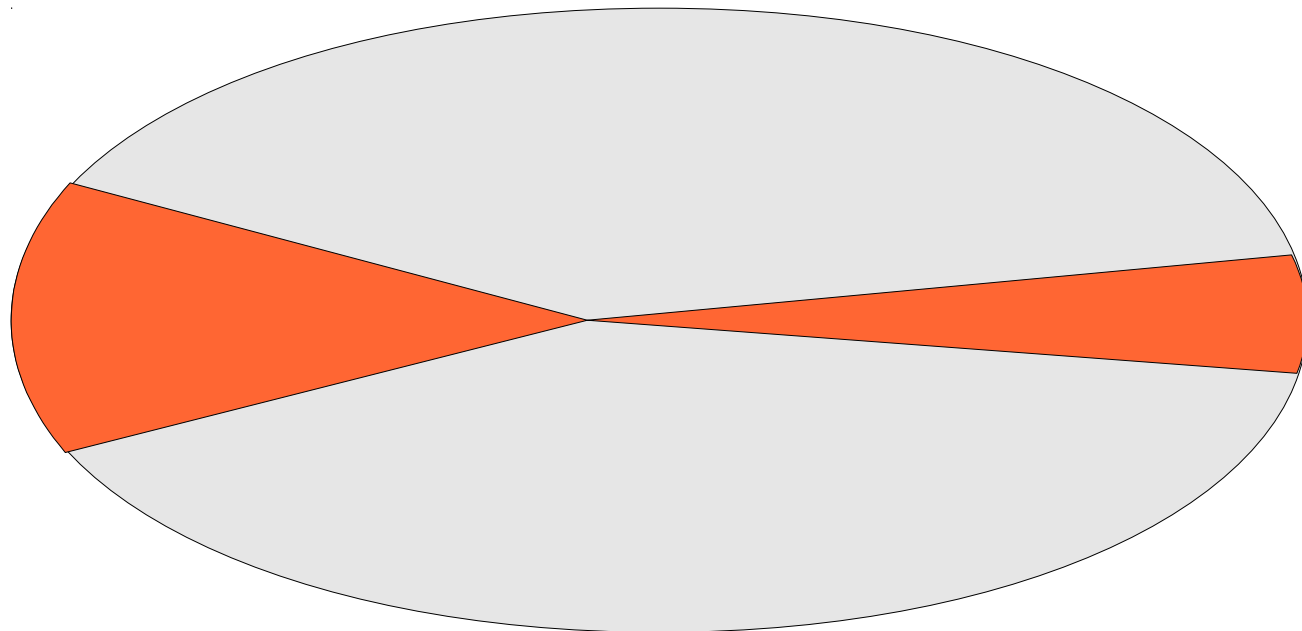
$$R = 4.23 \cdot 10^7 \text{ m} = 42300 \text{ Km}$$

$$R - R_T = 42300 - 6300 \text{ Km} = 36000 \text{ Km}$$



# Leggi di Keplero

- Prima legge Il percorso di ogni pianeta attorno al sole è un'ellisse e il sole sta in uno dei fuochi
- Seconda legge: la velocità delle aree è costante



# Terza legge di Keplero

Se due pianeti hanno semiassi maggiori  $s_1$  e  $s_2$  e periodi  $T_1$  e  $T_2$  allora

$$(T_1/T_2)^2 = (s_1/s_2)^3$$

- La dimostro per orbite circolari

$$T = 2\pi R/v \rightarrow v/R = 2\pi/T$$

$$v^2/R = G M_{Sole}/R^2$$

$$G M_{Sole}/R^2 = (2\pi/T)^2 R$$

$$R^3/T^2 = G M_{Sole}/4\pi^2$$

# Stima della massa del sole

$$R^3/T^2 = G M_{Sole} / 4\pi^2 \quad M_{Sole} = 4\pi^2 R^3 / G T^2$$

*Per la Terra*

$$T = 365 \cdot 86400 \text{ s} = 3.153 \cdot 10^7 \text{ s}$$

$$R = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$M_{Sole} = \frac{4\pi^2 (1.5 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{Kg}^2 (3.153 \cdot 10^7 \text{ s})^2}$$

$$M_{Sole} = 2 \cdot 10^{30} \text{ Kg}$$

# Tipi di forze in natura

- Forze gravitazionali
- Forze elettromagnetiche (più avanti in questo corso)
- Interazioni forti (tengono insieme i nuclei, a corto raggio)
- Interazioni deboli (decadimento  $\beta$ ) oggi unificate con l'elettromagnetismo

# Problemi

- Se non esiste una forza centrifuga, come funziona la mia lavatrice?
- Si può fare girare un secchio pieno d'acqua orizzontalmente senza che l'acqua esca. Come si fa se non c'è forza centrifuga?
- Una mela può esercitare un'attrazione di gravità sulla Terra? Se sì, quale?
- L'attrazione gravitazionale del sole è molto più grande di quella della luna; quest'ultima è però la principale responsabile delle maree. Perché?

# Esercizi

- Una palla di massa  $300\text{ g}$ , attaccata a una corda gira, su di una circonferenza verticale di raggio  $72\text{ cm}$ . Se  $v=4\text{ m/s}$  qual è la tensione della corda nei punti più alto e più basso?
- A quale velocità (rpm) deve ruotare una centrifuga se una particella a  $9\text{ cm}$  dall'asse deve subire una accelerazione di  $11500\text{ g}$ ?
- Usando le leggi di Keplero e il periodo della Luna trovare il periodo di un satellite che ruoti molto vicino alla superficie terrestre
- Una stella di neutroni può avere cinque volte la massa solare in solo  $10\text{ Km}$  di raggio. Quanto vale l'accelerazione di gravità sulla sua superficie?