

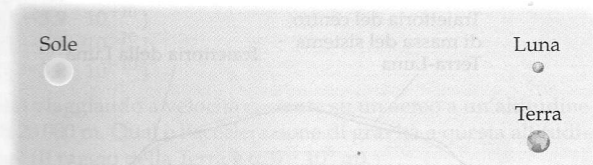
## PROBLEMI

## 1. La legge della gravitazione universale di Newton

- 1 Il sistema A è composto da due masse  $m$  uguali a distanza  $r$  l'una dall'altra; il sistema B è composto da due masse,  $m$  e  $2m$ , a distanza  $2r$  l'una dall'altra; il sistema C è composto da due masse,  $2m$  e  $3m$ , a distanza  $2r$  l'una dall'altra; il sistema D, infine, è composto da due masse,  $4m$  e  $5m$ , a distanza  $3r$  l'una dall'altra. Disponi i quattro sistemi in ordine crescente di attrazione gravitazionale.
- 2 Supponi di tenere in ciascuna mano una mela da 0,16 kg. Determina la forza gravitazionale esercitata da ogni mela sull'altra quando la loro distanza è:
  - a) 0,25 m
  - b) 0,50 m
- 3 Due palle da bowling, rispettivamente di 6,1 kg e di 7,2 kg, sono ferme su una pista e distano fra loro 0,75 m.
  - a) Qual è la forza di gravità esercitata su ognuna delle palle dall'altra?
  - b) A che distanza devono essere le palle perché la forza di gravità fra di esse sia uguale a  $2 \cdot 10^{-9}$  N?
- 4 Un satellite per comunicazioni, di massa 480 kg, è su un'orbita circolare intorno alla Terra. Il raggio dell'orbita è 35 000 km, misurato dal centro della Terra. Calcola:
  - a) il peso del satellite sulla superficie della Terra;
  - b) la forza gravitazionale esercitata dalla Terra sul satellite quando è in orbita.
- 5 Il più grande asteroide conosciuto, Cerere, ha una massa di circa  $8,7 \cdot 10^{20}$  kg. Se Cerere passa a 14 000 km dalla navetta spaziale in cui stai viaggiando, che forza esercita su di te? Usa un valore approssimato per la tua massa.
- 6 Una navicella spaziale di massa  $m$  viaggia dalla Terra alla Luna lungo una traiettoria rettilinea che unisce il centro della Terra e il centro della Luna.
  - a) A quale distanza dal centro della Terra la forza esercitata dalla Terra ha intensità doppia della forza esercitata dalla Luna?
  - b) La risposta alla domanda a) dipende dalla massa della navicella?
- 7 Nella fase di luna nuova, la Terra, la Luna e il Sole sono allineati, come mostrato in figura. Determina l'intensità, la direzione e il verso della forza gravitazionale risultante esercitata:
  - a) sulla Terra
  - b) sulla Luna
  - c) sul Sole



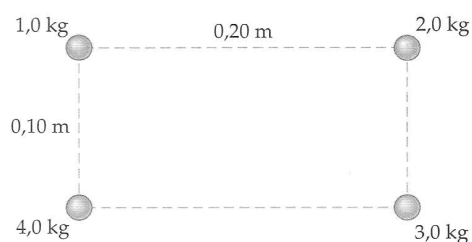
- 8 Quando la Terra, la Luna e il Sole formano un triangolo rettangolo, con la Luna posta nell'angolo retto, come mostrato nella figura, la Luna inizia il suo terzo quarto (qui la Terra è vista sopra il Polo Nord). Determina intensità, direzione e verso della forza risultante esercitata sulla Luna. Dai la direzione rispetto alla retta congiungente Luna-Sole.



- 9 Ripeti il problema precedente, ma questa volta determina l'intensità, la direzione e il verso della forza risultante che agisce

sce sul Sole. Dai la direzione rispetto alla retta congiungente Sole-Luna.

- 10 Tre masse di 6,75 kg sono poste agli angoli di un triangolo equilatero e collocate nello spazio, lontane da altre masse.
  - a) Se i lati del triangolo sono lunghi 1,25 m, determina il modulo della forza risultante esercitata su ognuna delle tre masse.
  - b) Come cambia la tua risposta al punto a) se i lati del triangolo sono raddoppiati in lunghezza?
- 11 Quattro masse sono poste agli angoli di un rettangolo, come indicato nella figura.
  - a) Determina modulo, direzione e verso della forza risultante che agisce sulla massa di 2,0 kg.
  - b) Come variano le risposte al punto a) se tutti i lati del rettangolo vengono raddoppiati in lunghezza?



- 12 Supponi che si sia osservato che tre oggetti astronomici (1, 2 e 3) sono allineati e che la distanza fra l'oggetto 1 e l'oggetto 3 è  $D$ . Sapendo che l'oggetto 1 ha quattro volte la massa dell'oggetto 3 e sette volte la massa dell'oggetto 2, determina la distanza fra l'oggetto 1 e l'oggetto 2 per la quale la forza risultante sull'oggetto 2 è uguale a zero.

## 2. Attrazione gravitazionale fra corpi sferici

- 13 Determina l'accelerazione di gravità sulla superficie:
  - a) di Mercurio;
  - b) di Venere.
- 14 A che altitudine al di sopra della superficie della Terra l'accelerazione di gravità è uguale a  $g/2$ ?
- 15 Due palle da bowling di 6,7 kg e raggio 0,11 m, sono a contatto l'una con l'altra. Qual è l'attrazione gravitazionale fra le due palle?
- 16 Qual è l'accelerazione di gravità dovuta alla Terra a una distanza dal centro della Terra uguale al raggio dell'orbita della Luna?
- 17 a) Determina la distanza dal centro della Terra alla quale un oggetto di 4,6 kg ha peso di 2,2 N.  
b) Se l'oggetto è liberato in questa posizione e lasciato cadere verso la Terra, qual è la sua accelerazione iniziale?
- 18 Sai che l'accelerazione di gravità sulla superficie della Luna è circa  $1/6$  dell'accelerazione di gravità terrestre. Poiché il raggio della Luna è circa  $1/4$  del raggio terrestre, esprimi la massa della Luna in funzione della massa della Terra.
- 19 Sulla superficie di Io, la luna più vicina a Giove, sono state osservate numerose eruzioni vulcaniche. Supponi che il materiale scagliato da uno di questi vulcani raggiunga un'altezza di 5,00 km dopo essere stato proiettato verso l'alto in linea retta con una velocità iniziale di 134 m/s. Sapendo che il raggio di Io è 1820 km:
  - a) descrivi un procedimento che ti permetta di calcolare la massa di Io;
  - b) utilizza il tuo procedimento per calcolare la massa di Io.

### 3. Le leggi di Keplero dei moti orbitali

- 20 Prevedi/Spiega** La velocità orbitale della Terra è maggiore nel periodo intorno al 4 gennaio e minore nel periodo intorno al 4 luglio.
- La distanza fra la Terra e il Sole il 4 gennaio è maggiore, minore o uguale della distanza fra la Terra e il Sole il 4 luglio?
  - Quale fra le seguenti è la *spiegazione* migliore per la risposta?
    - L'orbita della Terra è circolare e la sua distanza dal Sole è costante.
    - La Terra spazza aree uguali in tempi uguali, perciò deve essere più vicina al Sole quando la sua velocità è maggiore.
    - Maggiore è la velocità della Terra, maggiore è la sua distanza dal Sole.
- 21 Prevedi/Spiega** I riflettori laser lasciati sulla superficie lunare dagli astronauti dell'Apollo mostrano che la distanza media fra la Terra e la Luna aumenta a un ritmo di 3,8 cm all'anno.
- Come conseguenza dell'aumento della distanza media, la durata del mese aumenterà, diminuirà o rimarrà sempre la stessa?
  - Quale fra le seguenti è la *spiegazione* migliore per la risposta?
    - Maggiore è il raggio dell'orbita, maggiore è il periodo, quindi la durata del mese aumenterà.
    - La durata del mese rimarrà sempre la stessa, per la conservazione del momento angolare.
    - La velocità della Luna è maggiore se aumenta il raggio dell'orbita, quindi la durata del mese diminuirà.
- 22** Nelle missioni Apollo sulla Luna, il modulo di comando orbitava a un'altitudine di 110 km al di sopra della superficie lunare. Quanto tempo impiegava il modulo di comando a completare un'orbita?
- 23** Determina il modulo della velocità orbitale di un satellite su un'orbita geostazionaria circolare a  $3,58 \cdot 10^7$  m al di sopra della superficie della Terra.
- 24** Nel luglio del 1999 fu osservato un pianeta che orbitava intorno a una stella simile al Sole, Iota Horologii, con un periodo di 320 giorni. Calcola il raggio dell'orbita di questo pianeta assumendo che Iota Horologii abbia la stessa massa del Sole. (Questo pianeta è presumibilmente simile a Giove, ma può avere grandi lune rocciose con un clima relativamente gradevole).
- 25** Phobos, una delle lune di Marte, orbita a una distanza di 9378 km dal centro del pianeta rosso. Qual è il suo periodo?
- 26** La luna più grande del sistema solare è Ganimede, una luna di Giove. Essa orbita a una distanza di  $1,07 \cdot 10^9$  m dal centro di Giove con un periodo di circa  $6,18 \cdot 10^5$  s. Usando queste informazioni, calcola la massa di Giove.
- 27** L'asteroide 243 Ida possiede una propria piccola luna, Dactyl.
- Descrivi un procedimento che consenta di determinare la massa di 243 Ida, sapendo che il raggio orbitale di Dactyl è 89 km e il suo periodo è 19 h.
  - Utilizza il procedimento per calcolare la massa di 243 Ida.
- 28** Un tipico satellite GPS (Sistema di Posizionamento Globale) orbita a un'altitudine di  $2,0 \cdot 10^7$  m. Calcola:
- il periodo orbitale del satellite;
  - il modulo della sua velocità orbitale.
- 29** Calcola i periodi orbitali dei satelliti che orbitano a una distanza dalla superficie terrestre:
- pari a un raggio terrestre;
  - pari a due raggi terrestri.
  - Le risposte ai punti precedenti dipendono dalle masse dei satelliti?
  - Le risposte ai punti precedenti dipendono dalla massa della Terra?
- 30** La luna marziana Deimos ha un periodo orbitale che è maggiore di quello dell'altra luna di Marte, Phobos. Entrambe le

lune hanno approssimativamente orbite circolari.

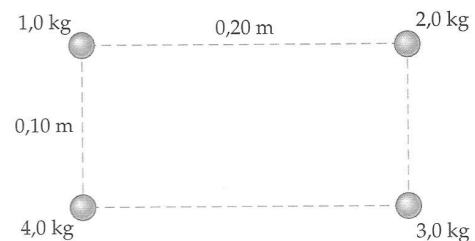
- Deimos è più vicino o più lontano da Marte rispetto a Phobos? Giustifica la risposta.
- Calcola la distanza di Deimos dal centro di Marte sapendo che il suo periodo è  $1,10 \cdot 10^5$  s.

**31** Alpha Centauri A e Alpha Centauri B sono due stelle binarie a una distanza di  $3,45 \cdot 10^{12}$  m fra loro e con periodo orbitale di  $2,52 \cdot 10^9$  s. Assumi che le due stelle abbiano la stessa massa (il che è approssimativamente vero) e determinala.

**32** Calcola il modulo della velocità di Alpha Centauri A e Alpha Centauri B, usando le informazioni fornite nel problema precedente.

### 4. Energia potenziale gravitazionale

- 33 Prevedi/Spiega** a) La quantità di energia necessaria per inviare un veicolo spaziale dalla Terra alla Luna è maggiore, minore o uguale a quella necessaria per inviare lo stesso veicolo dalla Luna alla Terra?
- Quale fra le seguenti è la *spiegazione* migliore per la risposta?
    - La velocità di fuga dalla Luna è minore di quella dalla Terra, quindi è richiesta meno energia per lasciare la Luna.
    - La situazione è simmetrica, quindi è necessaria la stessa energia in entrambe le direzioni.
    - Ci vuole più energia per andare dalla Luna alla Terra perché la Luna orbita intorno alla Terra.
- 34** Considera il sistema di quattro masse riportato nella figura.

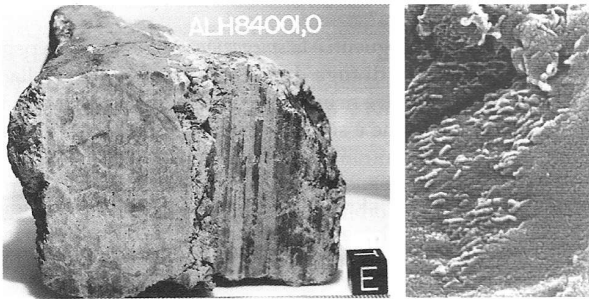


- Calcola l'energia potenziale gravitazionale totale del sistema.
  - Come cambia l'energia potenziale del sistema se tutte le masse del sistema vengono raddoppiate?
  - Come cambia l'energia potenziale del sistema se le lunghezze dei lati del rettangolo vengono dimezzate?
- 35** Calcola l'energia potenziale gravitazionale di una massa di 8,8 kg nelle due seguenti posizioni:
- sulla superficie della Terra;
  - a un'altitudine di 350 km.
  - Calcola la differenza fra i due risultati ottenuti al punto b) e al punto a) e confrontala con  $mgh$ , dove  $h = 350$  km.
- 36** Calcola la minima energia cinetica necessaria perché un razzo di 39000 kg acquisti la velocità di fuga per uscire:
- dalla Luna;
  - dalla Terra.

### 5. Conservazione dell'energia

- 37 Prevedi/Spiega** Supponi che la Terra, istantaneamente, riduca il suo diametro della metà, mantenendo la stessa massa.
- La velocità di fuga dalla Terra aumenta, diminuisce o rimane la stessa?
  - Quale fra le seguenti è la *spiegazione* migliore per la risposta?
    - Poiché il raggio della Terra diventa minore, anche la velocità di fuga diminuisce.
    - La Terra ha comunque la stessa massa e quindi la velocità di fuga non cambia.
    - La forza di gravità è molto maggiore sulla superficie della Terra "compressa" e quindi la velocità di fuga è maggiore.

- 38 L'energia necessaria per lanciare un razzo verticalmente fino a un'altezza  $h$  è maggiore, minore o uguale a quella necessaria per porre lo stesso razzo in un'orbita ad altezza  $h$ ? Giustifica la risposta.
- 39 Supponi che uno dei satelliti GPS abbia una velocità di 4,46 km/s al perigeo e una velocità di 3,64 km/s all'apogeo. Se al perigeo la distanza del satellite dal centro della Terra è  $2,00 \cdot 10^4$  km, qual è la corrispondente distanza all'apogeo?
- 40 Si ritiene che molti dei meteoriti rinvenuti in Antartide provengano da Marte, incluso il noto meteorite ALH84001 che qualcuno pensa possa contenere fossili di un'antica vita sul pianeta rosso. Questi meteoriti potrebbero essere stati sballati da Marte a causa dell'impatto sulla superficie del pianeta di un oggetto di notevoli dimensioni, come un asteroide o una cometa. Quale velocità di fuga deve avere un sasso per lasciare Marte?

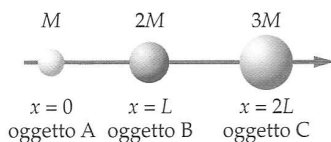


Il meteorite ALH84001 (a sinistra), sballato dalla superficie di Marte a causa di un tremendo impatto, dopo aver viaggiato nello spazio per milioni di anni, è caduto sulla superficie della Terra, in Antartide, circa 13 000 anni fa. L'immagine al microscopio (a destra) mostra strutture tubolari che, secondo alcuni scienziati, potrebbero essere tracce di microorganismi vissuti su Marte miliardi di anni fa.

- 41 Con riferimento all'Esempio svolto 1, se il Millennium Falcon è fermo nel punto A, qual è il modulo della sua velocità nel punto B?
- 42 Qual è la velocità di lancio di un proiettile, che sale verticalmente della Terra fino a un'altitudine uguale alla misura del raggio terrestre?
- 43 Un proiettile lanciato verticalmente dalla superficie della Luna sale fino a un'altitudine di 365 km. Qual è la velocità iniziale del proiettile?

## PROBLEMI DI RIEPILOGO

- 52 Ti pesi su una bilancia all'interno di un aeroplano che vola verso est sopra l'equatore. Se l'aeroplano inverte la rotta e punta verso ovest con la stessa velocità, il peso segnato dalla bilancia aumenta, diminuisce o rimane lo stesso? Giustifica la risposta.
- 53 Disponi gli oggetti A, B e C della figura in ordine crescente rispetto alla forza gravitazionale risultante che agisce sull'oggetto.



- 54 Disponi gli oggetti A, B e C del problema precedente in ordine crescente rispetto all'accelerazione iniziale che ognuno avrebbe se fosse l'unico oggetto libero di muoversi.

- 44 Determina la velocità di fuga:  
a) da Mercurio      b) da Venere
- 45 La cometa Halley, che passa intorno al Sole ogni 76 anni, ha un'orbita ellittica. Quando è nel suo punto più vicino al Sole (perielio) si trova a una distanza di  $8,823 \cdot 10^{10}$  m e si muove con una velocità di 54,6 km/s. Il punto di maggiore distanza fra la cometa Halley e il Sole (afelio) è a  $6,152 \cdot 10^{12}$  m.  
a) La velocità della cometa Halley è maggiore o minore di 54,6 km/s quando essa è all'afelio? Giustifica la risposta.  
b) Calcola la sua velocità all'afelio.
- 46 Nella missione lunare Apollo, il modulo lunare è ripartito dalla Luna, per ricongiungersi al modulo di comando "parcheggiato" in un'orbita lunare e far risalire a bordo gli astronauti. Dopo l'attracco, il modulo lunare è stato sganciato e lasciato cadere nuovamente sulla superficie della Luna, dove i sismografi, sistemati precedentemente dagli astronauti, hanno registrato le onde sismiche prodotte dall'impatto. Determina la velocità del modulo lunare nell'istante dell'impatto, sapendo che è stato sganciato quando era in orbita a un'altezza di 110 km dalla superficie lunare e aveva una velocità di 1630 m/s.
- 47 Supponi che venga scoperto un pianeta orbitante intorno a una stella lontana. Se la massa del pianeta è 10 volte la massa della Terra e il suo raggio è un decimo di quello della Terra, qual è il rapporto fra la velocità di fuga da questo pianeta e quello dalla Terra?
- 48 Un proiettile viene lanciato verticalmente dalla superficie della Luna con una velocità iniziale di 1050 m/s. A quale altitudine la velocità del proiettile è la metà del valore iniziale?
- 49 Quale raggio dovrebbe avere il Sole per avere una velocità di fuga uguale alla velocità della luce? (In questa condizione il Sole sarebbe un buco nero. Ricorda che i buchi neri hanno velocità di fuga maggiori della velocità della luce; per questo non emettono alcuna radiazione luminosa).
- 50 Due palle da baseball, ciascuna di massa 0,148 kg, sono separate da una distanza di 395 m nello spazio cosmico e lontane da ogni altro oggetto.  
a) Se le palle sono lasciate libere da ferme, quale velocità hanno quando la distanza fra loro è di 145 m?  
b) Se le masse delle palle raddoppiano, la velocità calcolata al punto a) aumenta, diminuisce o rimane la stessa?
- 51 Sulla Terra una persona, saltando verticalmente, può raggiungere un'altezza  $h$ . Qual è il raggio del più grande asteroide sferico da cui una persona può sfuggire saltando? Assumi che la densità dell'asteroide sia  $3500 \text{ kg/m}^3$ .

- 55 Un satellite effettua un'orbita completa intorno alla Terra.  
a) Il lavoro totale compiuto dalla forza gravitazionale terrestre sul satellite è positivo, negativo o nullo? Giustifica la risposta.  
b) La risposta precedente dipende dal fatto che l'orbita sia circolare o ellittica?
- 56 Considera un sistema formato da tre masse sull'asse  $x$ . La massa  $m_1 = 1,00$  kg si trova in  $x = 1,00$  m, la massa  $m_2 = 2,00$  kg in  $x = 2,00$  m e la massa  $m_3 = 3,00$  kg in  $x = 3,00$  m. Qual è l'energia potenziale gravitazionale totale del sistema?
- 57 Un'astronauta che esplora un lontano sistema solare atterra su un pianeta sconosciuto il cui raggio è 3860 km. Quando l'astronauta salta verso l'alto con una velocità iniziale di 3,10 m/s, raggiunge un'altezza di 0,580 m. Qual è la massa del pianeta?

