

Indicazioni per il lavoro estivo

Questi sono i compiti che dovrete fare e che verranno comunicati al docente che mi succederà. Fateli. La Fisica è come un videogioco e il prossimo punto di salvataggio è a settembre: se smettete di giocare ora, perderete tutti i vostri progressi.

Vi ricordo che potete scrivermi anche in estate per correzioni, dubbi, esercizi mirati e consigli.

Approfittatene.

Lecture

- **Consigliato**, per divertirsi: “*Cosa accadrebbe se? Risposte scientifiche a domande ipotetiche assurde*” di Randall Munroe, un libro che dà risposte serissime (usando, indovinate un po’, la Fisica) a domande stupidissime come “che succederebbe se la luna fosse fatta solo di elettroni?”. Lui è fisico che ha lavorato alla NASA prima di darsi a tempo pieno al più famoso fumetto nerd di sempre, XKCD, quindi vi potete immaginare che genere di libro è.
- **Consigliato**, se vi intriga la Termodinamica: “*Le regole del gioco. Come la termodinamica fa funzionare l’universo*” di Peter Atkins, (sono solo un centinaio di pagine)
- **OBBLIGATORIO**: Quello che abbiamo fatto quest’anno e che avete capito di meno! Quindi andate a riguardarvi quegli argomenti su appunti e libro.

Esercizi

Fate gli esercizi dalle scansioni allegate, omettendo, nella parte della Termodinamica gli es. 4, 14, 15b-c, 17, 20.

Poi fate il seguente problema, in cui dovrete riflettere e usare un po’ l’immaginazione. Su internet questo fenomeno è spiegato, quindi potete fare una ricerca per aiutarvi. Comunque in ogni punto c’è un riferimento alla teoria da usare (e che dovrete sapere e perciò ripassare se non ve la ricordate).

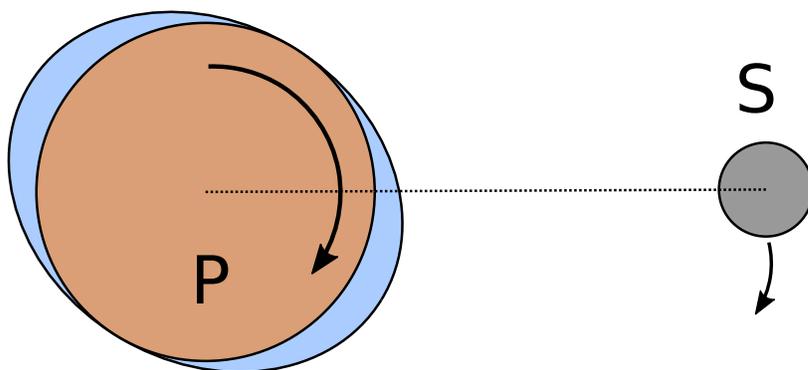
Problema - *Sarà meglio colonizzarla, prima che si allontani troppo!*

La Luna si allontana costantemente e molto lentamente dalla Terra. In questo problema cercheremo di capire perchè e modelleremo questo fenomeno nei dettagli, prendendo un pianeta interamente ricoperto di oceani con un satellite roccioso di massa abbastanza comparabile.

Sia dunque P un pianeta con un satellite S^1 che orbita attorno a P con un’orbita circolare. La massa di P è $M = 6.1 \cdot 10^{24}$ kg, quella di S è $m = 5.0 \cdot 10^{22}$ kg. Un giorno su P dura $T_D = 20$ ore, mentre S gira attorno a P con un periodo di $T_S = 20$ giorni.

1. Quanto vale la distanza d_1 di S da P ? [$3.1 \cdot 10^8$ m] [Se non ti riesce, vai a pag. 229 del libro]
2. La figura sottostante rappresenta la profondità delle acque su P , visto con l’asse di rotazione perpendicolare al foglio. La linea tratteggiata è la congiungente dei centri. Ti torna quello che vedi? Prova a rifare il disegno e tracciare (in modo qualitativo) il vettore campo gravitazionale complessivo dovuto a P e S sulla superficie di P (solo la metà destra). Com’è fatto \vec{g}_{tot} in posizioni speculari rispetto alla linea tratteggiata? Che forma dovrebbe avere dunque la superficie delle acque? [Se non ti riesce, vai al paragrafo 4.2.3.2 degli appunti]

¹Scoperti da un astronomo con poca fantasia e una passione per le lettere dell’alfabeto.

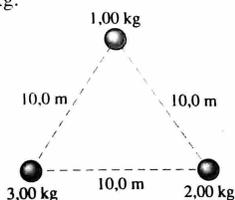


3. E invece non ce l'ha! La colpa è della rotazione di P : intuisci perchè? Ricorda che P ruota su sé stesso, mentre S sta quasi fermo (ruota 24 volte più lentamente attorno a P): che deve fare l'acqua per deformarsi?
4. Dato che questa è la forma degli oceani su P , sai dare un argomento convincente per dimostrare che la forza di gravità esercitata dalle sole acque di P su S non è lungo la congiungente \overline{PS} ma ha una componente perpendicolare (e dunque tangenziale alla velocità di S)?
5. In generale che dipendenza ha la velocità tangenziale di S dalla sua distanza d ? Trovala usando le leggi del moto circolare e la legge di gravitazione universale. [se non ti riesce, vai a pag. 229 e 96 del libro]
6. Questa forza naturalmente "tira" S . La sua velocità supera quindi quella che dovrebbe avere in un'orbita di raggio d_1 . Usando l'energia e il fatto che la velocità per rimanere in un'orbita stabile decresce con la distanza, sai dare un argomento qualitativo convincente per cui S viene così spinto verso l'esterno? [Se non ti riesce, vai a pag. 237 del libro]
7. In questo meccanismo si conserva la quantità di moto di S ? E quella di P ? [se non ti riesce vai a pag. 176 del libro]
8. Com'è fatto il vettore momento angolare di S ? Si conserva? E quello di P ? E quello del sistema $S + P$? Perché? [se non ti riesce vai a pag. 190 del libro o ai teoremi 3.5 e 3.6 degli appunti]
9. Sapendo che il raggio di P è $R_P = 6100$ km e assumendolo di densità uniforme, determina il suo momento d'inerzia rispetto al suo asse di rotazione. [$9.1 \cdot 10^{37} \text{kg} \cdot \text{m}^2$][se non ti riesce vai a pag. 195 del libro]
10. Approssimandolo per semplicità a un punto, determina il momento di inerzia iniziale di S rispetto a P , quando la loro distanza è d_1 . Quanto vale invece quando S raggiunge una distanza $d_2 = 4.1 \cdot 10^8$? [$4.8 \cdot 10^{39} \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $8.4 \cdot 10^{39} \text{kg} \cdot \text{m}^2$] [se non ti riesce vai a pag. 194 del libro]
11. Calcola la velocità angolare ω_{S1} di S quando si trova a distanza d_1 . Quanto vale la velocità angolare di rotazione di P , ω_{P1} ? [$3.6 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s}$, $8.7 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$] [se non ti riesce, vai a pag. 96 del libro]
12. Calcola la velocità angolare ω_{S2} di S quando si trova distanza d_2 . [$2.4 \cdot 10^{-6} \text{ rad/s}$][se non ti riesce vai a pag. 229 del libro]

13. Ora, usando la tua risposta al punto (7) sulla conservazione del momento angolare di $S + P$, determina la velocità angolare ω_{P2} di P quando S è a distanza d_2 . Spiega dunque come mai, allontanandosi, S ha fatto allungare la durata del giorno su P . [$5.5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, un giorno dura 32 ore] [se non ti riesce, guardati l'esempio 3.18 degli appunti per un po' di ispirazione]
14. Senza fare conti, sai dire se si è conservata l'energia meccanica di P ? E di $S + P$? Perché? [se non ti riesce, pensa a chi tiene l'acqua "spostata" e vai a pag. 143]
15. Conferma le tue supposizioni calcolando l'energia meccanica di $P + S$ (ricordati che l'energia potenziale va messa solo una volta, come se ce l'avesse solo S). [$E_{M1} = 3.1 \cdot 10^{29} \text{ J}$, $E_{M2} = 1.1 \cdot 10^{29} \text{ J}$] [se non ti riesce vai a pag. 196 del libro]
16. Usando il primo principio della Termodinamica sai calcolare quanto calore è stato fornito dall'attrito dell'acqua agli oceani di P in questo processo? (immagina che $P + S$ e i gli oceani siano due sistemi separati e considera l'energia di $P + S$) [$Q = 2.0 \cdot 10^{29} \text{ J}$]
17. Secondo te, questo processo di allontanamento, oltre a durare miliardi di anni, accelera o rallenta col tempo?
18. Un momento, ma non abbiamo spiegato la metà sinistra del disegno! Trova la distanza del baricentro del sistema $P + S$ dal centro di P , quando la distanza di S è d_1 . [$2.5 \cdot 10^3 \text{ km}$] [se non ti riesce, vai negli appunti al paragrafo 3.1.1]
19. La forma delle acque di P è quindi dovuta alla combinazione della normale rotazione di P rispetto al proprio centro con la rotazione del centro di P rispetto al baricentro del sistema $P + S$. Sai dare ora una spiegazione qualitativa della loro forma nell'emisfero opposto a S ? Sai calcolare la loro l'accelerazione centrifuga nel punto di P opposto a S ? [$1.1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$] [Se non ti riesce, vai a pag.97 del libro]

8. **Supponi che venga scoperto un pianeta che ha la medesima densità della Terra, ma raggio pari alla metà del raggio terrestre.**
- L'accelerazione di gravità su questo pianeta è maggiore, minore o uguale all'accelerazione di gravità sulla Terra? Giustifica la risposta.
 - Determina l'accelerazione di gravità su questo pianeta.

9. **Forza risultante tra masse puntiformi**
 Ai vertici di un triangolo equilatero di lato 10,0 m sono poste tre masse, rispettivamente di 1,00 kg, 2,00 kg e 3,00 kg, come mostrato in figura. Determina il modulo, la direzione e il verso della forza risultante agente sulla massa di 1,00 kg.



[$2,90 \cdot 10^{-12}$ N; $83,4^\circ$ sotto l'orizzontale, verso sinistra]

10. Forza tra palline

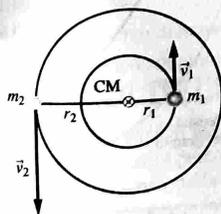
Supponi che ciascuna delle tre masse del problema precedente venga sostituita da palline di massa 5,95 kg e raggio 0,0714 m. Se le palline vengono lasciate libere da ferme, quale velocità avranno nel momento dell'urto al centro del triangolo? Ignora gli effetti gravitazionali dovuti ad altri corpi.

[$7,39 \cdot 10^{-5}$ m/s]

11. Stelle binarie

In un sistema di stelle binarie, due stelle orbitano intorno al loro comune centro di massa (CM), come mostrato nella figura. Se $r_2 = 2r_1$, qual è il rapporto m_2/m_1 fra le masse delle due stelle?

[1/2]



12. Periodo delle stelle binarie

Determina il periodo orbitale del sistema di stelle binarie descritto nel problema precedente.

$$[T = \sqrt{\frac{72\pi^2 r_1^3}{Gm_1}}]$$

13. Il momento della cometa

Usando i risultati del problema svolto 48 e tenendo presente che la cometa di Halley ha massa $9,8 \cdot 10^{14}$ kg, calcola il momento angolare della cometa:

- al perielio;
- all'afelio.
- Che cosa puoi osservare?

[a) $4,7 \cdot 10^{30}$ kg m²/s; b) $4,7 \cdot 10^{30}$ kg m²/s]

14. Saluti da Marte

In un futuro non troppo lontano gli astronauti forse raggiungeranno Marte per effettuare osservazioni scientifiche. Nel corso della missione è probabile che, per facilitare le comunicazioni, dovranno posizionare un satellite stazionario sopra un determinato punto dell'equatore di Marte. A quale altitudine rispetto alla superficie di Marte dovrebbe orbitare tale satellite?
 (Il giorno "marziano" è di 24,6229 ore; ricerca altri eventuali dati che ti servono).

[1,71 · 10⁶ m]



15. La forza sia con te!

Considera il *Problem solving 1* della teoria, nel quale il Millennium Falcon, l'astronave di *Guerre stellari*, passa in mezzo a una coppia di asteroidi, come mostrato nella figura di pag. 263. Calcola il modulo della velocità del Millennium Falcon nel punto A, sapendo che la sua velocità nel punto B ha modulo 0,905 m/s.

[0,866 m/s]

16. Più lungo di un giorno?

Un satellite è posto nell'orbita terrestre, 1000 km più in alto dell'altitudine di un satellite geostazionario (che, come abbiamo visto, è circa 36000 km).

- Il periodo di questo satellite è maggiore o minore di 24 ore?
- Visto dalla superficie terrestre, il satellite si muove verso est o verso ovest? Giustifica la risposta.
- Determina il periodo del satellite.

[c) 26 ore]

17. L'energia del satellite

- Calcola l'energia cinetica di un satellite di 1720 kg in orbita circolare intorno alla Terra, sapendo che il raggio dell'orbita è 20273 km.
- Quanta energia è necessaria per spostare questo satellite in un'orbita circolare di raggio 40225 km?

[a) $1,69 \cdot 10^{10}$ J; b) $8,38 \cdot 10^{11}$ J]

18. L'orbita della navicella

Una navicella di massa $m = 2,00 \cdot 10^6$ kg orbita a un'altitudine di 250 km dalla superficie terrestre.

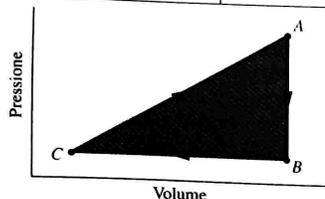
- La velocità della navicella dipende dalla massa? Giustifica la risposta.
- Calcola la velocità della navicella nella sua orbita.
- Quanto tempo impiega la navicella per completare un'orbita intorno alla Terra?

[b) 7,76 km/s; c) 5360 s = 1,49 h]

3. Calcola le grandezze incognite

Un gas ideale è sottoposto alle tre trasformazioni mostrate nella figura. Completa la tabella calcolando le grandezze incognite di ogni trasformazione.

Trasformazione	Q	L	ΔE_{int}
A → B	-53 J
B → C	-280 J	-130 J
C → A	150 J



4. Quanto ghiaccio fonde?

A un blocco di ghiaccio di 0,14 kg a 0 °C è fornito del calore, aumentando la sua entropia di 87 J/K. Quanto ghiaccio fonde? [0,071 kg]

5. Il numero di molecole nella camera d'aria

La camera d'aria di una gomma per bicicletta, di raggio 0,66 m, ha una pressione relativa di 427,18 kPa. Considerando la camera d'aria un cilindro cavo con sezione trasversale di 0,0028 m², calcola il numero di molecole di aria contenute quando essa ha una temperatura di 34 °C. [1,2 · 10²⁴ molecole]

Produzione di acqua

In un contenitore ci sono 8,06 g di H₂ e 64,0 g di O₂ alla temperatura di 125 °C e alla pressione di 101 kPa.

- Qual è il volume del contenitore?
- Nella miscela idrogeno-ossigeno si provoca una scintilla, in modo da avviare la reazione $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$. La reazione consuma tutto l'idrogeno e l'ossigeno presenti nel contenitore e produce vapore acqueo. Qual è la pressione del vapore acqueo risultante quando esso torna alla sua temperatura iniziale di 125 °C? [a) 0,196 m³; b) 67,5 kPa]

7. Pallone con azoto

Un pallone contiene 3,7 litri di azoto gassoso a una temperatura di 87 K e alla pressione di 101 kPa. Se si aumenta la temperatura fino a 24 °C e si mantiene la pressione costante, quale volume occuperà il gas? [13 litri]

3. Molecole di azoto e di idrogeno

A quale temperatura la velocità quadratica media delle molecole di azoto uguaglia quella delle molecole di idrogeno a una temperatura di 20,0 °C? [410,2 K]

3. Pressione ed energia di una molecola di O₂

Tre moli di ossigeno gassoso sono contenute in un recipiente avente un volume di 0,0035 m³. Se la temperatura del gas è 295 °C:

- calcola la pressione del gas;
- calcola l'energia cinetica media di una molecola di ossigeno.

- Supponi che il volume del gas venga raddoppiato, mantenendo costanti la temperatura e il numero di moli. Per quale fattore verranno moltiplicate le risposte alle domande a) e b)? Fornisci un'esauriente spiegazione.

[a) $4,0 \cdot 10^6$ Pa; b) $1,2 \cdot 10^{-20}$ J]

10. Velocità medie

Cinque molecole hanno rispettivamente le seguenti velocità: 221 m/s, 301 m/s, 412 m/s, 44,0 m/s e 182 m/s.

- Determina la velocità media \bar{v} di queste molecole.
- Ti aspetti che \bar{v}^2 sia maggiore, minore, oppure uguale a $(\bar{v})^2$? Giustifica la tua risposta.
- Calcola la velocità quadratica media e confrontala con la velocità media.

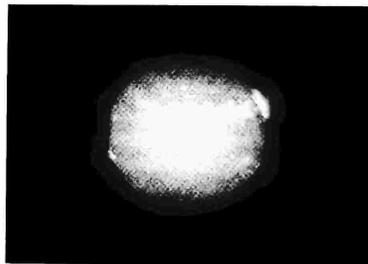
[a) 232 m/s; b) maggiore; c) $v_{qm} = 262$ m/s; $v_{qm} > \bar{v}$]

11. La superficie del Sole

La superficie del Sole ha una temperatura di circa 5800 K ed è composta in gran parte da atomi di idrogeno.

- Calcola la velocità quadratica media di un atomo di idrogeno a questa temperatura.
- Quale sarebbe la massa di un atomo la cui velocità quadratica media fosse pari alla metà della velocità quadratica media dell'idrogeno?

[a) $1,19 \cdot 10^4$ m/s; b) $6,68 \cdot 10^{-27}$ kg]



12. La temperatura dell'aria nella mongolfiera

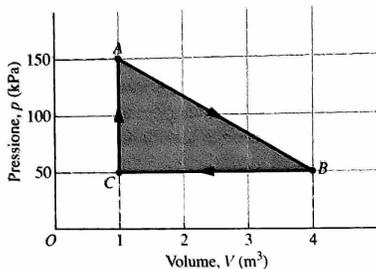
Una mongolfiera ad aria calda può sollevarsi da terra perché, a pressione atmosferica, l'aria calda è meno densa dell'aria fredda. Se il volume della mongolfiera è 500 m³ e l'aria che circonda la mongolfiera è a una temperatura di 15 °C, quale deve essere la temperatura dell'aria nella mongolfiera per poter sollevare un pallone di massa 290 kg (in aggiunta alla massa dell'aria calda)? La densità dell'aria a 15 °C e a pressione atmosferica è 1,23 kg/m³. [27,2 °C]



13. Trasformazioni in tre fasi

●● Un gas ideale è sottoposto alla trasformazione in tre fasi mostrata nella figura. Dopo il completamento di un ciclo intero, determina:

- il lavoro totale compiuto dal sistema;
- la variazione totale dell'energia interna del sistema;
- la quantità di calore totale assorbita dal sistema.



[a) 150 kJ; b) 0; c) 150 kJ]

14. Quale macchina è più efficiente?

●● La macchina A ha un rendimento pari a 0,66. La macchina B assorbe la stessa quantità di calore dalla sorgente calda e ne trasferisce il doppio a quella fredda.

- Quale dei due motori ha il rendimento maggiore? Giustifica la risposta.
- Qual è il rendimento della macchina B?

[a) la macchina A; b) 0,32]

15. Trasformare acqua in ghiaccio

●● Per trasformare 1,75 kg di acqua in ghiaccio in un'ora si utilizza un congelatore con un coefficiente di prestazione di 3,88. La temperatura di partenza dell'acqua è di 20,0 °C e il ghiaccio prodotto è raffreddato a -5,00 °C.

Calcola:

- la quantità di calore che occorre sottrarre all'acqua affinché questo processo si svolga;
- l'energia elettrica che consuma il congelatore durante questa operazione, che ha la durata di un'ora;
- la quantità di calore ceduta all'ambiente esterno.

[a) 751 kJ; b) 194 kJ; c) 945 kJ]

16. Il gas argon

●● Supponi che 1800 J di calore siano somministrati a 3,6 moli di gas argon alla pressione costante di 120 kPa.

Calcola:

- la variazione dell'energia interna del gas;
- la variazione della sua temperatura;
- la variazione del suo volume.

Tratta l'argon come un gas ideale monoatomico.

[a) 0,11 kJ; b) 24 K; c) $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$]

17. L'entropia e il Sole

●● La temperatura della superficie del Sole è di 5500 °C e quella dello spazio interstellare è di 3,0 K.

- Calcola l'aumento di entropia provocato dal Sole in un giorno, sapendo che esso irradia calore con una potenza di $3,80 \cdot 10^{26} \text{ W}$.
- Quanto lavoro si potrebbe compiere se questo calore fosse utilizzato da una macchina termica ideale?

[a) $1,1 \cdot 10^{31} \text{ J/K}$ in un giorno; b) $3,3 \cdot 10^{31} \text{ J}$]

18. Trasformazioni isobara e isocora

●● Un sistema formato da 1,5 moli del gas monoatomico neon, che può essere trattato come un gas ideale, si trova inizialmente alla temperatura di 320 K e ha un volume di 1,8 m³. Al sistema è fornita, a pressione costante, una quantità di calore tale da triplicarne il volume e, successivamente, a volume costante, una quantità di calore tale da duplicarne la pressione. Calcola la quantità totale di calore fornita. [38 kJ]

19. Compressione isoterma

●● Un cilindro dotato di un pistone mobile contiene 2,75 moli di argon a una temperatura costante di 295 K. Quando il gas è compresso isotericamente, la sua pressione aumenta da 101 kPa fino a 121 kPa.

Calcola:

- il volume finale del gas;
- il lavoro compiuto dal gas;
- il calore fornito al gas.

[a) 0,0557 m³; b) -1,22 kJ; c) -1,22 kJ]

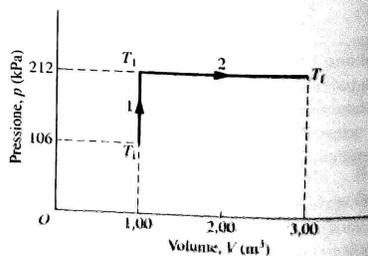
20. Di quanto deve variare la temperatura?

●● Una bombola di gas contiene 1,0 kg di elio a 20 °C e a 80 atm. Di quanto varia l'entropia del gas se lo si fa fuoriuscire lentamente dalla bombola? Considera l'elio come un gas perfetto e ipotizza che la trasformazione sia isoterma. [9,1 · 10³ J/K]

21. Trasformazioni 1 e 2

●● Considera l'espansione di 60,0 moli di un gas ideale monoatomico secondo le trasformazioni 1 e 2 mostrate nella figura. Nella trasformazione 1 il gas è riscaldato a volume costante da una pressione iniziale di 106 kPa a una pressione finale di 212 kPa. Nella trasformazione 2 il gas si espande a pressione costante da un volume iniziale di 1,00 m³ a un volume finale di 3,00 m³.

- Calcola la quantità di calore fornita al gas durante queste due trasformazioni.
- Qual è il lavoro effettuato dal gas durante questa espansione?
- Calcola la variazione dell'energia interna del gas.



[a) 159 kJ; 1060 kJ; b) 424 kJ; c) 795 kJ]

22. Espansione 3 e 4

●● Riferendoti al problema precedente, supponi che il gas si espanda lungo i processi 3 e 4 riportati in figura. Nella trasformazione 3 il gas si espande a pressione costante da un volume iniziale di 1,00 m³ a un volume finale di 3,00 m³. Nella trasformazione 4 il gas è riscaldato a volume costante da una pressione iniziale di 106 kPa a una pressione finale di 212 kPa.