1. Una carrozza di massa $230\ kg$ viene trainata da due cavalli legati ciascuno a un cavo fissato alla carrozza. Se la carrozza procede a una velocità costante di $8{,}00\ km/h$, su di essa agisce una forza di attrito di $830\ N$. Calcola la forza esercitata da ciascun cavallo.

La carrozza si muove a velocità costante e, per il **primo principio della dinamica**, se la velocità è costante, la somma delle forze agenti sull'oggetto è zero, ovvero:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_{C1} + \vec{F}_{C2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_{C1} + \vec{F}_{C2} = -\vec{F}_A$$

Non avendo altre indicazioni, posso supporre: $\vec{F}_{C1} = \vec{F}_{C2}$, perciò $|\vec{F}_{C1}| = |\vec{F}_{C2}| = \frac{830\ N}{2} = \mathbf{415\ N}$.

2. Un secchio di massa $3\ kg$, riempito con 2 litri di acqua, è calato in un pozzo, mediante una fune, a velocità costante pari a $2\ m/s$. Calcola la tensione della fune.

$$m_1 = 3\ kg \qquad m_2 = 2\ kg \qquad v\ cost. \qquad T?$$

Il secchio si muove a velocità costante e, per il **primo principio della dinamica**, se la velocità è costante, la somma delle forze agenti sull'oggetto è zero, ovvero:

$$\vec{P} + \vec{T} = 0 \quad \Rightarrow \quad |\vec{T}| = |\vec{P}| = (m_1 + m_2)\ g = \mathbf{5 \cdot 10^1\ N}$$

3. Un oggetto di massa m è inizialmente in quiete. Dopo che una forza di modulo F ha agito su di esso per un tempo t, l'oggetto ha una velocità v. Supponi che la massa dell'oggetto raddoppi e che il modulo della forza applicata quadruplichi. Esprimi in funzione di t il tempo necessario perché l'oggetto acceleri da fermo fino alla velocità v nella nuova situazione.

Applicando il **secondo principio della dinamica**, so che: $F = ma$ e, dato che la definizione dell'accelerazione è: $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t}$, posso esprimere la forza in funzione del tempo: $F = m\frac{v}{t} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{mv}{F}$. Nel secondo caso, si ottiene quindi:

$$t_2 = \frac{m_2 v_2}{F_2} = \frac{2mv}{4F} = \frac{1}{2}\frac{mv}{F} = \mathbf{\frac{1}{2} t}$$

4. Un aereo atterra e comincia a rallentare, fino a fermarsi, muovendosi lungo la pista. Se la sua massa è $3{,}50 \cdot 10^5\ kg$, il modulo della sua velocità iniziale è $27{,}0\ m/s$ e la forza di frenata risultante è $4{,}30 \cdot 10^5\ N$.
   A. qual è il modulo della sua velocità dopo $7{,}50\ s$?
   B. quale distanza ha percorso l'aereo in questo periodo di tempo?

$$v_o = 27{,}0\ m/s \qquad v = 0\ m/s \qquad m = 3{,}50 \cdot 10^5\ kg \qquad F = -4{,}30 \cdot 10^5\ N \qquad t = 7{,}50\ s \qquad v_1? \qquad s?$$

A. Applicando il **secondo principio della dinamica**, so che: $F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m}$. Perciò posso scrivere la legge oraria della velocità:

$$v_1 = v_o + at_1 = v_o + \frac{F}{m}\ t_1 = \mathbf{17{,}8\ m/s}$$

B. Determino lo spazio percorso:

$$s = v_o t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 = v_o t_1 + \frac{F}{2m}\ t_1^2 = \mathbf{168\ m}$$

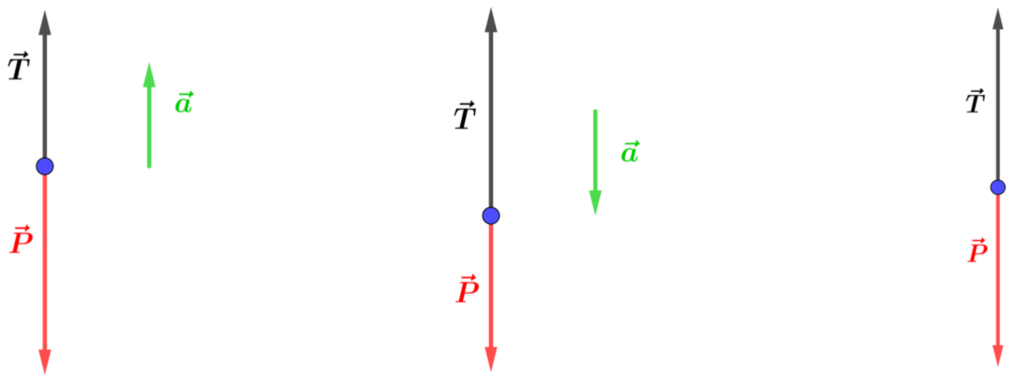
5. Su una pista da pattinaggio, Federico spinge Carlo con una forza di $80\ N$. Se Federico e Carlo hanno masse rispettivamente di $50\ kg$ e $80\ kg$, quali saranno i moduli delle loro accelerazioni?

$$F_F = 80\ N \qquad m_F = 50\ kg \qquad m_C = 80\ kg \qquad a_F? \qquad a_C?$$

Per il **terzo principio della dinamica**, la forza esercitata da Federico su Carlo è uguale, in modulo e direzione, alla forza esercitata da Carlo su Federico, mentre opposta in verso. Applicando il **secondo principio della dinamica**, si può ottenere:

$$F_F = m_C a_C \quad \Rightarrow \quad a_C = \frac{F_F}{m_C} = \mathbf{1{,}0\ m/s^2} \qquad F_F = F_C = m_F a_F \quad \Rightarrow \quad a_F = \frac{F_F}{m_F} = \mathbf{1{,}6\ m/s^2}$$

6. Tirando verso il basso una corda, sollevi da un pozzo un secchio pieno di acqua, di $4{,}35\ kg$, con un'accelerazione di $1{,}78\ m/s^2$. Qual è la tensione della corda?
   A. Qual è la tensione della corda nel caso in cui abbassi il secchio con un'accelerazione di $1{,}78\ m/s^2$?
   B. Qual è la tensione della corda nel caso in cui abbassi il secchio a velocità costante?



Applicando il **secondo principio della dinamica**, ottengo:

$$T - P = ma$$

$$T = P + ma = m(a+g) = \mathbf{50,4\ N}$$

$$P - T = ma$$

$$T = P - ma = m(g-a) = \mathbf{34,9\ N}$$

Per il primo principio (velocità costante), la somma delle forze applicate è nulla, quindi:

$$T = P = mg = \mathbf{42,7\ N}$$

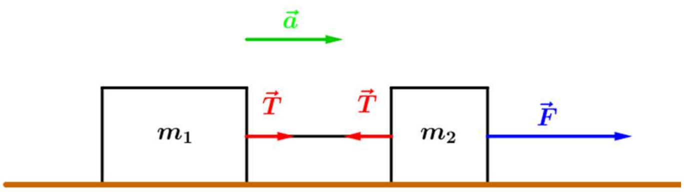
7. Sono date due masse $m_1 = 3{,}5\ kg$ ed $m_2 = 1{,}5\ kg$, collegate da una fune ideale (di massa trascurabile) e posizionate su un piano orizzontale privo di attrito (figura 1). Sapendo che alla massa m_2 è applicata una forza di 25 N, calcola l'accelerazione del sistema e la tensione della fune.

$$m_1 = 3{,}5\ kg \qquad m_2 = 1{,}5\ kg \qquad F = 25\ N \qquad a? \qquad T?$$

Dalla **seconda legge della dinamica** ricaviamo l'accelerazione:

$$F = (m_1 + m_2)\, a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \mathbf{5,0\ m/s^2}$$

$$T = m_1 a = \mathbf{18\ N}$$



8. La macchina di Atwood è costituita da due masse collegate mediante una fune che passa su una carrucola, come mostrato in figura 2. Scrivi l'espressione dell'accelerazione e della tensione per due masse generiche m_1 ed m_2.

Suppongo che m_2 sia maggiore della massa m_1, perciò l'accelerazione sarà verso il basso per la massa m_2 e verso l'alto per la massa m_1, e, applicando il **secondo principio della dinamica**, ottengo le relazioni:

$$\begin{cases} T - P_1 = m_1 a \\ -T + P_2 = m_2 a \end{cases}$$

Risolvendo il sistema sommando le due equazioni, ottengo:

$$P_2 - P_1 = a\,(m_1 + m_2) \quad \Rightarrow \quad \boldsymbol{a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g}$$

Per determinare la tensione, sostituisco l'espressione ottenuta nella prima equazione (ma otterrei lo stesso risultato, sostituendo l'espressione ottenuta nella seconda equazione):

$$T = P_1 + m_1 a = m_1 g + m_1 \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g = \boldsymbol{\frac{2\, m_1 m_2}{m_1 + m_2} g}$$