SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio

## 19 luglio 2019 – Prova scritta di Fisica 1

**1)** Un aereo decolla alla velocità di 280 km/h rispetto all'aria, sfruttando tutta una pista di 3,5 km. Determinare:

a) l'accelerazione a cui è soggetto in fase di rullaggio per decollare;
b) lo spazio necessario per decollare in presenza di un vento che soffia da dietro di 50 km/h.

(trascurare l'attrito dell'aria)

**2)** Andrea va con degli amici in un parco di divertimenti e decidono di entrare al "ROTOR". Questo consiste in un cilindro di legno di raggio 4 m e un pavimento che può scorrere verticalmente. Inizialmente Andrea viene invitato ad appoggiarsi alla parete del cilindro mentre il pavimento si porta a 5 m di altezza. Quindi inizia a ruotare: raggiunta una velocità costante il pavimento inizia a scendere ma Andrea e i suoi amici rimangono sospesi a 5m di altezza per effetto dell'attrito con la parete ($\mu_s$=0,8, $\mu_d$=0,6). Quindi il cilindro inizia a rallentare lentamente.

a) determinare per quale valore della velocità angolare Andrea, dandosi una spinta, potrebbe iniziare a scendere;
b) determinare quanto tempo impiega a toccare con i piedi il pavimento, ipotizzando che durante la discesa la velocità angolare non vari in maniera determinante.

**3)** Un'automobile di massa $m_1$=1100 kg colpisce una seconda automobile ferma di massa $m_2$=800kg, trascinandola con sé. Nell'urto viene dissipata una energia $E_d$=87,6 kJ. Determinare la velocità ante-urto dell'automobile che colpisce.

**4)** Un cilindro a pareti adiabatiche e munito di pistone (anch'esso isolante e a tenuta stagna) è diviso in due parti uguali da un setto. Inizialmente il pistone è bloccato e la parte inferiore, di volume $V_1$ = 2 $l$ , contiene 0.4 moli di gas perfetto monoatomico alla temperatura T = 27 °C, mentre nella parte superiore vi è il vuoto.

a) Viene rimosso il setto ed il gas si espande liberamente. Determinare lo stato finale del gas (valori di pressione, volume e temperatura).
b) Successivamente viene sbloccato il pistone e il gas viene compresso in modo reversibile fino a riportarlo al volume iniziale. Di che tipo di trasformazione si tratta? Determinare la temperatura e la pressione del gas in questo stato e il lavoro subito dal gas.

**5)** Calcolare la variazione di temperatura di 3 moli di un gas perfetto monoatomico che assorbe 100 J di calore nelle seguenti condizioni:

a) a pressione costante;
b) a volume costante;
c) in base ai risultati ottenuti e dovendo impiegare il gas in un ciclo frigorifero per raffreddare, quale delle trasformazioni dei punti a) e b) sarebbe più utile utilizzare?

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio
# 17 giugno 2019 – Soluzioni della prova scritta di Fisica 1

**1)** Chiamiamo; v la velocità dell'aereo rispetto a terra; V la velocità dell'aria e v' la velocità dell'aereo rispetto all'aria. Dalla teoria sui moti relativi:

$$\vec{v} = \vec{V} + \vec{v'}$$

**1a)** Nel primo caso (aria ferma) $V$=0:

$$v = v'$$

Le leggi orarie per l'aereo sono:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2} a t^2 \\ v' = at \end{cases}$$

dove x e v sono note e corrispondono alla lunghezza della pista ed alla velocità rispetto all'aria.
Eliminando il tempo dalle equazioni si ottiene:

$$a = \frac{v'^2}{2x} = 0{,}84 \frac{m}{s^2}$$

**1b)** Nel caso di vento concorde da dietro, la velocità che deve raggiungere l'aereo rispetto a terra corrisponde a:

$$v = v' + V = 280 + 50 = 330 \frac{km}{h}$$

In questo caso lo spazio necessario per il decollo deve essere:

$$x = \frac{v^2}{2a}$$

dove $a$ è stata calcolata al punto 1a):

$$x = \frac{v^2}{2} \frac{2x}{v'^2} = \frac{(v' + V)^2}{v'^2} x = 4{,}86\ km$$

**2a)** Affinché Andrea possa iniziare a scendere la forza peso dovrebbe essere uguale o superiore all'attrito statico massimo esercitato tra parete e schiena:

$$mg \geq \mu_s R_n = \mu_s m \omega^2 R$$

da cui

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g}{\mu_s R}} = 1{,}75 \frac{rad}{s} = 100{,}3 \frac{°}{s} = 0{,}28\, Hz$$

**2b)** Su Andrea agiscono le seguenti forze:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \vec{P} + \vec{A}$$

Scomponendo in direzione verticale si ottiene:

$$ma_y = ma = -mg + \mu_d m \omega^2 R = -mg + \frac{\mu_d}{\mu_s} mg = -mg\left(1 - \frac{\mu_d}{\mu_s}\right)$$

Pertanto la legge oraria in direzione verticale diventa:

$$y = h - \frac{1}{2} g \left(1 - \frac{\mu_d}{\mu_s}\right) t^2$$

Imponendo la condizione di caduta a terra ($y$=0) si ricava:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g\left(1 - \frac{\mu_d}{\mu_s}\right)}} = 2{,}0\ s$$

**3a)** L'urto è perfettamente anelastico. Si conserva la quantità di moto ma non l'energia: infatti abbiamo il valore dell'energia dissipata. Quindi possiamo scrivere:

$$\begin{cases} m_1 v = (m_1 + m_2)V \\ \frac{1}{2} m_1 v^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)V^2 = E_d \end{cases}$$

Ricavando la velocità $V$ dalla prima equazione ed inserendola nella seconda si ottiene:

$$v = \sqrt{\frac{2E_d}{m_1\left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)}} = 19{,}4\frac{m}{s} = 69{,}8\frac{km}{h}$$

**4a)** In una espansione libera di un gas perfetto non c'è variazione di temperatura, per cui (denotando con B lo stato raggiunto dal sistema)

$T_B = T = 300K$

inoltre:

$V_B = 2V_1 = 4\ l$

la pressione si può ricavare dall'equazione di stato dei gas perfetti:

$$p_B = \frac{nR\,T_B}{V_B} = 2{,}46\ atm = 249.563{,}5\ Pa$$

**4b)** La trasformazione è adiabatica reversibile e quindi possiamo utilizzare la politropica per calcolare le temperature:

$$T_C V_c^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$$

ma $V_C = V_1$, quindi:

$$T_C = T_B \frac{V_B^{\gamma-1}}{V_c^{\gamma-1}} = 476\ K$$

Per la pressione:

$$p_C = \frac{nR\,T_C}{V_C} = 7{,}81\ atm = 791.348{,}3\ Pa$$

Sfruttando il 1° principio della TD alla trasformazione adiabatica reversibile (Q=0) si ottiene:

$$L = -\Delta U = -nc_V\Delta T = nc_V[T_B - T_C] = nc_V T_B\left[1 - \frac{V_B^{\gamma-1}}{V_c^{\gamma-1}}\right] = nc_V T_B[1 - 2^{\gamma-1}] = -877\ J$$

**5a)** Per una trasformazione a pressione costante:

$Q = nc_p\Delta T$

da cui:

$$\Delta T = \frac{Q}{nc_p} = 1{,}60\ K$$

**5b)** In una trasformazione a volume costante il lavoro è nullo e quindi il calore scambiato equivale alla variazione di energia interna:

$Q = \Delta U = nc_V\Delta T$

da cui

$$\Delta T = \frac{Q}{nc_V} = 2{,}67\ K$$

**5c)** La trasformazione a pressione costante mostra, a parità di quantità di calore assorbito, una variazione di temperatura minore (1,60 K) rispetto alla trasformazione a volume costante (2,67 K). Pertanto la trasformazione isobara risulterà più efficiente in un ciclo di raffreddamento in quanto potrà scambiare più calore a parità di variazione di temperatura. Questo è anche legato al calore specifico, maggiore nella trasformazione isobara rispetto a quella isocora:

$c_p = c_V + R$.