

Prof Gottardo Marco 31/10/2020

Calcolo di bilanci energetici con C++.

Verifica in classe:

Calcolo del dimensionamento dei motori endoreattori con C++.

Il presente esercizio è parte integrante del testo:

SIIC
Basi di informatica a ciclo unico
Vol. 1
first edition 2021



Edizioni Gottardo 2021

La gravità: Il problema dell'atterraggio dell'astronave.

Si osserva che un corpo dotato di massa agisce a distanza su altri corpi generando forze attrattive.

Se uno dei due corpi è molto più grande del secondo avremo l'impressione che sia quello piccolo a subire l'attrazione di quello grande.

Se consideriamo quello grande fisso nello spazio, e poniamo nelle sue vicinanze un corpo più piccolo potremmo tracciare delle linee corrispondenti alle traiettorie degli spostamenti.

Tali linee si chiamano linee di forza.

L'insieme delle linee di forza è detto campo gravitazionale ovvero la regione in cui il corpo piccolo detto di sonda subisce l'attrazione del corpo grande detto generatore del campo.

Lo studio e la definizione delle leggi che riguardano il campo gravitazionale sono dovute **Sir Isaac Newton**:. (citato anche come Isacco Newton) nato a Woolsthorpe-by-Colsterworth, il 25 dicembre 1642 e morto a Londra, 20 marzo 1726.



È stato un matematico, fisico, filosofo naturale, astronomo, teologo, storico e alchimista inglese, considerato uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi.

Contribuì alla rivoluzione scientifica e al progresso della teoria eliocentrica: a lui si deve la sistematizzazione matematica delle leggi di Keplero sul movimento dei pianeti; oltre a dedurle matematicamente dalla soluzione del problema della dinamica applicata alla forza di gravità (problema dei due corpi) ovvero dalle omonime equazioni di Newton.

Ogni massa a cui sia applicata una forza subisce una accelerazione secondo un fattore di proporzionalità che la stessa massa.

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}$$

Consideriamo la massa di sonda che subisce il campo della massa generatrice, questo si manifesta come una forza, detta forza gravitazionale, che per la precedente legge di Newton comporta un'accelerazione.

Quando ci si riferisce al campo gravitazionale terrestre l'accelerazione è pressoché costante e denominata 'g'.

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{F}}{m}$$

Questa vale $g = 9,80665$ metri diviso secondo quadrato

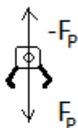
Verifica in classe: Tempo di sviluppo al terminale 1 h.

La nave spaziale entra nel campo gravitazionale della luna a partire da una posizione stazionaria orbitante.

Si assume che la velocità iniziale sia zero.

Il comandante ordina l'accensione dei razzi dopo 8,7 secondi.

Sviluppare un programma in C++ che calcoli la spinta necessaria da sviluppare con i motori la situazione di discesa a velocità costante.



Soluzione: Si deve calcolare la velocità raggiunta dalla navicella dopo il tempo di preaccensione.

Applicare poi la prima legge di Newton, principio di azione e reazione, per mantenere la velocità di discesa costante.

È necessario sapere che la luna ha gravità $g_L = 1,62 \text{ m/s}^2$ mentre il suo raggio vale 1.737,1 km.

È interessante vedere il rapporto tra il raggio terrestre 6371km e quello della luna 1737,1km, per avere un'idea anche del fattore di scala tra le due accelerazioni gravità.

La legge oraria restituisce lo spazio percorso da un oggetto che possiede accelerazione costante:

$$s = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + s_0 = 61,308mt$$

Calcoliamo la velocità raggiunta dalla navicella nel tempo di preaccensione con il bilancio delle energie cinetica e potenziale.

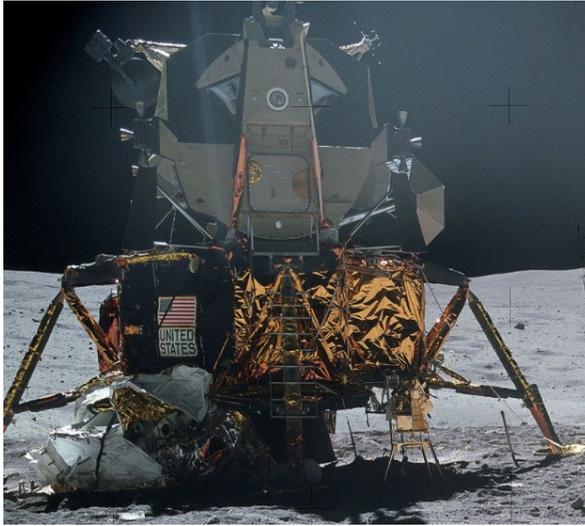
$$v = \sqrt{2g_L s} = 61,3089 \left[\frac{m}{s} \right]$$

L'astronave dovrà quindi ammortizzare questa caduta al suolo oppure potenziare la spinta dei razzi negli ultimi metri.

Al momento terrà questa velocità costante.

Il moto diventa rettilineo uniforme.

Servono alcune specifiche tecniche del modulo lunare, mostrato in foto:



Massa: 2.033 kg,
Equipaggio 2 astronauti
h=7mt
Volume abitacolo: 5,65 m³
Anno di costruzione: 1962
Paese: USA

Sono stati costruiti 15 esemplari ma solo 10 sono entrati in servizio. I numeri 2 e 9 non volarono mai, mentre il 7 non toccò la luna a causa degli sfortunati eventi dell'Apollo 13. I numeri 13, 14, 15 non uscirono dalla fase di test a causa dell'interruzione del programma Apollo.

Oggi, nell'anno 2020, il modulo LEM rimane ancora l'unico mezzo costruito dall'uomo che sia stato in grado di portare gli esseri umani sul suolo lunare. Appliciamo la legge di Newton per ricavare la forza necessaria a rendere il moto da accelerato a uniforme.

$$F \text{ di spinta} - F_{\text{peso}} = 0 \text{ [Newton]}$$

Con i dati in nostro possesso diventa:

$$F_{\text{spinta}} = 2033 \times 1,62 = 3293.46 \text{ [N]}$$

Molto minore dei 45 [kN] che i motori sono in grado di spingere, quindi il tempo di preaccensione poteva essere molto più lungo di 8,7 secondi.

Impostiamo un sistema di tre equazioni per fare i calcoli a ritroso e determinare il tempo massimo di ritardo di accensione dei motori allo scopo di minimizzare il consumo di Perossido d'azoto/Aerozina 50 utilizzato come propellente. Si ricava un tempo massimo di ritardo all'accensione pari a:

$$t = \frac{45000}{2033} = 22,134 \text{ s}$$

Sviluppo del programma in C++, Accensione retrorazzi.

```
#include <iostream>
#include <math.h>
using namespace std;
void splash (){
    cout<<"*****\n";
    cout<<"*   prof. Marco Gottardo PhD   *\n";
    cout<<"*   Calcolo della spinta e tempi   *\n";
    cout<<"*   di accensione motori razzo   *\n";
    cout<<"*           31/10/2020           *\n";
    cout<<"*****\n";
    cout<<endl;
}

void energie(){
    float altezzaIniziale, altezzaAccensione, massa;
    float velocitaInizio, velocitaDiscesaCostante, tempoMotori;
    cout<<"Inserire la massa del LEM in Newton -> ";
    cin>>massa;
    cout<<"Inserire la velocita\' di entrata nel campo gravitazionale in m/s -> ";
    cin>>velocitaInizio;
    cout<<"Inserire il tempo di ritardo accensione motori in secondi -> ";
    cin>>tempoMotori;
    altezzaAccensione=(0.5 * 1.62 *pow(tempoMotori,2));
    cout<<"spazio di caduta libera in atmosfera lunare "<<altezzaAccensione<<"
metri\n";
    velocitaDiscesaCostante=sqrt(2*1.62 * altezzaAccensione);
    cout<<"Il LEM all\'accensione dei motori ha velocita\'  ->
"<<velocitaDiscesaCostante;
    cout<<" m/s";
}

int main(int argc, char** argv) {
    splash ();
    energie();
    return 0;
}
```

Il programma eseguito dall'elaboratore, con gli input mostrati nel verbose, calcola una velocità di discesa, che rimarrà costante fino all'allunaggio pari a 35.64 metri al secondo, e una distanza percorsa in caduta libera pari a 392.04 metri.

```

C:\Users\Marco\Documents\CPP_project\Energie\Energie.exe
*****
*   prof. Marco Gottardo PhD   *
*   Calcolo della spinta e tempi *
*   di accensione motori razzo *
*           31/10/2020         *
*****

Inserire la massa del LEM in Newton -> 2033
Inserire la velocita' di entrata nel campo gravitazionale in m/s -> 0

Inserire il tempo di ritardo accensione motori in secondi -> 22
spazio di caduta libera in atmosfera lunare 392.04 metri
Il LEM all'accensione dei motori ha velocita' -> 35.64 m/s
-----

```

Nota bene: La velocità calcolata è corretta per essere mantenuta fino al raggiungimento di un punto vicino al suolo, ma non adatto per il Landing, in quanto potrebbe risultare distruttivo.

Calcoliamo il rateo di discesa in km/h per avere un'idea più chiara delle velocità in gioco. Con una proporzione si trasformano i metri al secondo in km/h.

$$35.64 \left[\frac{m}{s} \right] : 1[s] = x \left[\frac{m}{s} \right] : 3600$$

Dove 3600 sono i secondi in un'ora. Si ottiene:

$$\frac{35.64 * 3600}{1} = 128304 \left[\frac{m}{h} \right]$$

Che corrisponde a schiantarsi contro un muro a 128 $\left[\frac{km}{h} \right]$ con danni irreperabili al LEM.

È necessario rallentare accendendo i razzi di frenata negli ultimi 100 metri di discesa.

Esercizio complementare: Si completi il programma calcolando la spinta necessaria dai motori per portare la velocità a 4,5 $\left[\frac{m}{s} \right]$ in 100 metri.

Ulteriore esercizio: Si completi il programma per eseguire il landing nei seguenti pianeti, il cui ordine si estrapola dalle iniziali della frase:

	Mercurio 3,7 m/s ² 1		Venere 8,87 m/s ² 2		Terra 9,807 m/s ² 3		Marte 3,711 m/s ² 4
"Mentre Volavo Tu Mi Gettasti Su Un Nuovo Pianeta".							
	Giove 24,79 m/s ² 5		Saturno 10,44 m/s ² 6		Urano 8,87 m/s ² 7		Nettuno 11,15 m/s ² 8

Nota: Plutone è stato declassato nel 2006, i pianeti del sistema solare tornano ad essere 8.