Pietro Planezio e Ugo Ercolani

Dialogo sui minimi sistemi

ovvero

Gravity assist e Meccanica celeste

Stampato in proprio nel marzo 2004

Prefazione

Non gettate via questo opuscolo!!!
È il frutto di un mio faticoso lavoro di studi su orbite impossibili, notti insonni trascorse a cercar di comprendere una valanga di formule, sottoforma di "matematica semplice".
Pietro Planezio si è sempre divertito a farmi studiare.
Lui non ha avuto alcun problema, la sua capacità di tradurre in semplici operazioni matematiche, ciò che normalmente viene propinato con formule complicatissime, gli ha permesso di giocare con me, come il gatto con il topo.
Vi assicuro che non ha alcun merito!
Avrei voluto scrivere soltanto i miei commenti, questi sono le uniche cose importanti.
Ho purtroppo ritenuto necessario inserire anche le inutili descrizioni di Pietro, affinché possiate meglio comprendere i miei travagli e darmi il vostro conforto.
Il testo che segue è tratto da un fitto colloquio via e-mail, svoltosi nell'arco di circa tre settimane.
Pietro mi ha scritto quanto segue per spiegarmi il comportamento degli oggetti che vengono "sparacchiati in giro per il sistema solare" (parole sue).
Sono cose che non servono a niente e non interessano a nessuno!
Vi consiglio di evitare con cura di leggere qualsiasi descrizione di Pietro. Rischiate di farvi trascinare in calcoli astrusi.
Potreste trovarvi alle due di notte davanti ad una calcolatrice "non scientifica" per conoscere la velocità al perielio di una sonda che è stata lanciata appositamente per i capricci dell'autore.
Se poi, nonostante i miei consigli, vi trovate, per una vostra malsana curiosità, a far di conto, non mi dite che non vi ho avvisato.
La colpa non sarà mia. La colpa è di Planezio, che descrive ogni passo in modo che il lettore sia convinto di aver capito tutto.
Non è possibile fermarsi a metà e dimenticare.
Anzi, non fatevi venire in mente "cose nuove", da chiedere.
"Più parli, più t'impiastri", dice Pietro.

Mai proverbio è stato più vero.
Se, nonostante tutto, riterrete utile complimentarvi con Planezio, o avere altre informazioni, la sua e-mail é: planezio@hotmail.com
La vostra solidarietà nei miei confronti potrà essere espressa alla mia e-mail: ugo.ercolani@tin.it

u.e.

Postprefazione:

Devo fare qualche precisazione: è un piacere spiegare le cose ad Ugo, che ha una voglia ed una capacità di apprendere molto al disopra del suo bagaglio matematico, però NON è UN'IMPRESA TITANICA.
La meccanica celeste ha conclusioni finali che non sono complesse, non eccedono, in genere, la radice quadrata.
In effetti, non abbiamo inventato niente: gli ho solo presentato la strada per arrivare a queste conclusioni, che di solito viene percorsa in maniera molto ostica, cercando di esporre più i principi che non le dimostrazioni.
Il fatto che gli sia piaciuta (senz'altro non quanto a me sia piaciuto spiegargliela) non significa che abbiamo scoperto l'acqua calda: semplicemente abbiamo fatto insieme quello che si dovrebbe fare sempre: rendere le cose concettualmente il più comprensibile possibile, indipendentemente dal bagaglio matematico-fisico dell'interlocutore.
Il fatto che Ugo ne parli con tanto entusiasmo significa solo che, normalmente, alcuni divulgatori non fanno il loro mestiere con piacere: stando cioè più attenti all'ascoltatore che ai colleghi.
Comunque, se non altro io ho imparato ad allegare i files alle e-mails.
Spero tanto di essere stato di qualche utilità anche per Ugo.

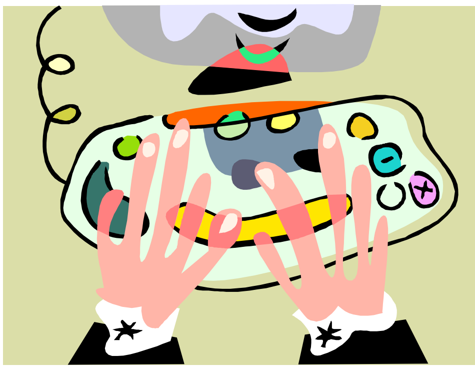
p.p.

La causa!

Sono un socio di Polaris, ti ho ascoltato molte volte e sei sempre stato gradevole ed esauriente.
Spesso si fa riferimento a gravity assist, fly by.... ma ho rilevato che tutti gli articoli affrontano l'argomento in maniera generica: ti sarei veramente grato se tu potessi affrontare l'argomento anche con formule matematiche, sempre rispettando il tuo stile estremamente simpatico ed intuitivo.
Cordiali saluti, Vittorio, mio malgrado, amicissimo di Ugo.

Prima reazione...

Porca l'oca, come faccio a mandare disegni e formule se non so usare questo maledetto trabiccolo?
Ugo, se questa arriva anche a te, dimmi dove posso mandarti un fax con le spiegazioni richieste.
Nel frattempo cerco di imparare. E' una domanda del sito o no?
La risposta può essere interessante, se trovo il modo di fartela avere.
Ciao a tutti e due, se (per caso) questo messaggio arriva ad entrambi.
Ho messo Ugo su Cc. Va bene? Pietro



(n.d.r. Allegato a questo messaggio c'era il testo che segue la risposta: **Gravity assist, volgarmente chiamato effetto fionda**)

Gravity Assist, volgarmente chiamato "Effetto fionda"

Si comincia a studiare...

Immaginiamo di lanciare una sonda da Terra verso Giove, con velocità appena sufficiente per lambire, all'afelio, l'orbita del pianeta gigante.
Per sapere che velocità dobbiamo imprimergli, il calcolo è piuttosto semplice.
Si calcola l'eccentricità dell'orbita tangente alla Terra ed a Giove (A-a) : (A+a).
Ovvero circa (6-1):(6+1)= non ho qui una calcolatrice.
La velocità al perielio dovrà essere: V circolare (30, per semplicità) per radice di 1+eccentricità.
Uguale circa 30x1,3=39 Km/sec.
La sonda, in un tempo di circa 3 anni (3 legge di Keplero) arriverà sull'orbita di Giove, andando nello stesso senso suo, ma con velocità di 6,5 Km/sec (2 legge di Keplero).
A questo punto spostiamoci su Giove, che sta arrivando "da dietro" alla nostra sonda, con una velocità di circa 12 Km/sec. (e rotti, ma facciamo casi semplici).
Ora è importante immaginare un caso che, nella realtà, non si può verificare proprio così, ma se volessimo analizzarlo con precisione ci vorrebbe una capacità di disegnare col computer che io non so neppure dove stia di casa. Oltretutto, anche se cambiano un po' i numeri, il principio resta lo stesso.
Trasferitici perciò su Giove, vedremo la nostra sonda che ci viene incontro a 12-6,5=5,5 Km/sec.
La stiamo raggiungendo, ma nello spazio in caduta libera non c'è avanti e dietro, per cui noi la vediamo venirci addosso.
La sonda arriva nei pressi di Giove, e risente del suo campo gravitazionale.
Immaginiamo che percorra una traiettoria che la porti a sfiorare la superficie: sarà fortemente accelerata nel cadere, fino ad un massimo leggermente superiore alla velocità di fuga dalla superficie

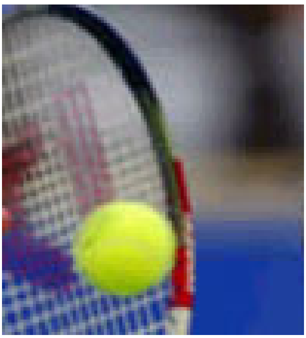
del pianeta, e se ne riallontanerà con un percorso assolutamente simmetrico a quello di arrivo, dopo averci girato attorno.
L'orbita che descrive, dato che si riallontana con una velocità "residua" di 5,5 Km/sec, uguale a quella di arrivo, è una iperbole.
Naturalmente i due rami (entrata-uscita) hanno tra loro un angolo che dipende dalla velocità di ingresso e dalla profondità dell'avvicinamento a Giove (più veloce l'ingresso, minore la deviazione, più profondo l'avvicinamento, maggiore la deviazione).
Per semplificare, come già detto, immaginiamo addirittura una deviazione prossima ai 180 gradi: in pratica un rimbalzo indietro, nella direzione dalla quale è arrivata. Un "tornante" completo attorno al pianeta, e via di nuovo, libera. Naturalmente nella realtà non succede proprio così, ma noi vogliamo solo capire come funzioni il meccanismo, non stiamo lanciando una sonda!

Un po' di soddisfazione non guasta...

Ciao Pietro
Abbiamo ricevuto entrambi il testo che hai scritto stanotte.
La tua spiegazione è stata stupenda e chiarissima.
Per le formule ti sei arrangiato molto bene, vai avanti con questo stile, neanche io sono mai riuscito a scrivere una semplice frazione, se c'è un valore al quadrato scrivi "elevato al quadrato" ed è chiaramente comprensibile. Il Vittorio (carissimo amico), ha visto il tuo spazio nel mio sito, ed ha pensato di chiederti di risolvergli il problema che, da tempo, gli frullava per la testa.
Naturalmente è risolto. Soluzione chiara. E' solo per Giove (e anche per Bacco!) che la sonda cade e riparte alla stessa velocità. Per il Sole (e per tutti gli altri pianeti) la sonda ha acquistato la velocità di Giove, che si somma a quella che aveva in precedenza. Anche la vecchia relatività della meccanica classica non sempre viene applicata "nel momento del bisogno"!!!
Tieniti pronto per altre domande, Vittorio (come dicono a Venezia) non è farina da far ostie!
Ogni tua risposta la metterò nel sito, in quattro e quattr'otto ne uscirà un trattato. A presto, Ugo

Ci troviamo su Giove

Attenzione, qui sta il punto.
Noi, DA GIOVE, la vediamo arrivare a 5,5, girarci attorno, e riallontanarsi da noi a 5,5. Però, adesso, fa la nostra stessa strada.
Prima la RAGGIUNGEVAMO a 5,5. Ora CI PRECEDE a 5,5.
Se noi andiamo a 12, è chiaro che prima lei andava a (12-5,5=6,5).
Ma ora va a (12+5,5=17,5), naturalmente rispetto al Sole.
Ha quindi guadagnato qualcosa come 11 Km/sec.
Se prima era all'afelio e si apprestava a ricadere verso l'orbita della Terra, ora viaggia ad una velocità addirittura sufficiente ad abbandonare per sempre il Sistema Solare (all'altezza di Giove bastano 16,8Km/sec).
Naturalmente, come già detto, la deviazione non sarà di 180 gradi, ma appena sarò in grado di disegnare con questo maledetto arnese, cercheremo di fare un caso un po' più reale. Però le cose concettualmente non cambiano.
Quindi Giove viene usato non perché acceleri o deceleri qualcosa, ma semplicemente perché il suo campo gravitazionale è abbastanza intenso da DEVIARE SENSIBILMENTE una sonda. Maggiore è la deviazione, come vedremo, maggiore può essere il guadagno di velocità rispetto al Sole.
Potrebbe sembrare un paragone sciocco, ma fai mente locale: una mosca ferma su una racchetta da tennis durante il servizio, VEDE LA PALLINA AVVICINARSI, ad una velocità che è QUELLA DELLA RACCHETTA.



Poi la vede riallontanarsi alla stessa velocità.
Non è cambiata la velocità della pallina, solo la direzione, (visto dalla mosca, a cui piace vivere pericolosamente, si direbbe).
Ma se la racchetta la manovra Becker e tu stai dall'altra parte della rete, ti arriva un missile che ti arriccia le sopracciglia.
Pietro

Nuova provocazione, la faccenda si fa seria…

Prendiamo un pianetino con un'orbita che ha il perielio a due u.a. e l'afelio a 6 u.a.. Posso conoscere, soltanto con questi dati: il periodo orbitale, la velocità massima, la velocità minima, o, nella migliore delle ipotesi, la velocità in ogni posizione dell'orbita? Questa domanda mi incuriosisce proprio per la discussione dell'effetto fionda. La risposta è stata chiarissima ma la mia ignoranza non ha limiti. Qual'è il meccanismo, seconda legge di Keplero, che mi ha portato la navicella ad arrivare nei pressi di Giove ad una velocità di 6,5 k/sec.
Non ho trovato nessun libro che sia stato in grado di illuminarmi
Tutti i libri parlano delle leggi senza però fare un esempio pratico.
Spero che la mia matematica sia in grado di capire. Grazie, Ugo

Mezz'ora dopo, in piena notte, arriva la risposta...

Parliamo di orbite

Il caso discusso prima era, dal punto di vista pratico, proprio campato in aria, con dati molto approssimativi, messo insieme solo per puntualizzare come avvenga l'effetto fionda. Vista la domanda specifica, parliamo un po' dell'orbita descritta dalla sonda TRA LA TERRA E GIOVE.
Quindi bisogna fare i calcoli un po' più esatti (appena un po', alla portata di una semplicissima calcolatrice).
Allora: orbita della Terra, 1 UA. Orbita di Giove, 5,2 UA.
Vc(= Velocità circolare) della Terra= 29,8 Km/sec.
Vc di Giove= 13,1 Km/sec.
Primo discorso.
Per Vc s'intende quella che permette ad un corpo celeste di orbitare su un'orbita perfettamente circolare, senza avvicinarsi od allontanarsi dal Sole. Non ci sono scambi tra la sua energia potenziale (Ep) dovuta alla sua posizione, e la sua energia cinetica (Ec) dovuta alla sua velocità.
La Terra è legata al Sole, non può allontanarsi libera. La sua Ep è quindi negativa.

E' quella che si dovrebbe fornirle per andarsene dove vuole per lo spazio.
Alla distanza dal Sole alla quale si trova, per allontanarsi definitivamente dovrebbe avere una certa energia cinetica Ec.
Come anche risulta da un teorema, che qui non è il caso di discutere, detto del Viriale, Vc si ha con Ec uguale a ½ dell'energia necessaria per andarsene.
In pratica, con metà dell'energia necessaria per andarsene, un corpo celeste sta "in equilibrio", non va ne' su ne' giu.
A questo si arriva (anzi, di solito ci si arriva solo così) anche calcolando la reazione centrifuga (V^2/R=accelerazione di gravità), ma a noi adesso interessa fare un altro discorso.
Per comodità scegliamo tutte le unità di misura in modo tale che Ec (=1/2 m V al quadrato) si possa calcolare semplicemente facendo 29,8x29,8=888.
Abbiamo appena visto che per andarsene avrebbe bisogno di altri 888.
Quindi la sua Energia complessiva è: Etot= -888 (MENO 888).
Quella potenziale (che avrebbe dove si trova se fosse ferma) è: Ep=-888x2=-1776.
Ci siamo? Bene, ora andiamo su Giove. Allontanandoci dal Sole, siamo meno SPROFONDATI nella buca del suo campo gravitazionale, l'energia che ci servirebbe per andarcene è meno.
Quanto meno? 5,2 volte meno. L'energia di legame, quindi la Ep, decresce uniformemente con la distanza.
A 5,2 UA vale: Ep=-1776/5,2=-342.
La metà è 171, che è 13,1x13,1=Vc di Giove.
(Ricordarsi che le energie sono proporzionali alle Velocità al quadrato). Naturalmente anche in questa seconda situazione, basterebbe uguagliare l'accelerazione di gravità locale con la reazione centrifuga.
Torniamo sulla Terra.
Noi dobbiamo lanciare una sonda con una velocità superiore a Vc, tale che permetta al nostro oggetto di arrivare a sfiorare Giove.

Perché? Se la velocità aumenta, la REAZIONE CENTRIFUGA è superiore alla forza di gravità (centripeta), e lo sbilanciamento porta ad un "allargamento verso l'esterno".
In pratica la sonda "sbanda", e si allontana dal Sole, verso l'alto in quel gigantesco imbuto rappresentato dal Sistema Solare.
Dall'eccesso di velocità iniziale, possiamo giudicare quanto in alto arriverà la sonda in questa "curva sopraelevata". Abbiamo quindi bisogno di descrivere un'orbita eccentrica. Quanto?
Senza perderci in dimostrazioni, l'eccentricità si calcola così:
e=(Q-q)/(Q+q).
Dove Q è la distanza all'afelio e q la distanza al perielio.
Quindi e=(5,2-1)/(5,2+1)= 0,6774.
La velocità al perielio è data dalla formula: Vper=Vcx(radice di (1+e)).
Quindi Vper=29,8x(radice di 1,6774)= 38,6.
Come appena detto, il perché sembra chiaro: più veloce parte, più arriverà IN ALTO, più l'orbita sarà eccentrica.
Dovrà quindi viaggiare più veloce di noi di 8,8 Km/sec.
Ora, prima di chiudere questa prima solfa, attenzione a non fare un errorino banale. La velocità di fuga dalla Terra è 11,2 Km/sec.
La sonda deve allontanarsi da noi con una velocità residua di 8,8Km/sec. A che velocità bisognerà lanciarla? 11,2+8,8=20???
PROPRIO NO!
Cominciamo a familiarizzarci con le energie. L'energia per allontanarsi è 11,2x11,2=125,44.
Quella che deve conservare dopo essere sfuggita alla Terra è 8,8x8,8=77,44.
Perciò 125,44+77,44=202,88 è quella che dobbiamo fornirle.
Radice di 202,88=14,246 Km/sec.
Cioè lanciata a questa velocità, ha un'energia sufficiente a PAGARE IL DEBITO (125,44) con la Terra, e quella che le resta (77,44) è sufficiente per allontanarsi definitivamente da noi a 8,8 Km/sec.
Digerisci bene questa parte, domani te ne mando un'altra. Pietro

Il giorno seguente, puntualissimo...

Passo a passo, sino al Gigante

Adesso abbiamo una sonda, lanciata dalla Terra, che si allontana da noi a 8,8 Km/sec, in avanti. La sua velocità complessiva rispetto al Sole è, abbiamo visto, 38,6Km/sec.

Per fare il calcolo inverso (per curiosità) e sapere a che distanza può arrivare un missile lanciato ad una certa velocità, basta un po' di matematica.

Il risultato, comunque, è: $e=(V/Vc)^2-1$.

Come già detto, risulta evidente che più è alta la velocità, più l'orbita sarà eccentrica.

Se la velocità raggiungesse Vc x 1,414 (radice di 2), l'energia cinetica diverrebbe uguale a quella potenziale, la somma darebbe zero e la sonda sarebbe libera di allontanarsi all'infinito (sempre però rallentando, sempre meno, ma continuando a rallentare).

E' quella che si chiama "Velocità di fuga".

Torniamo a parlare di energie.

La sonda adesso ha una Ec=38,6x38,6=1490.

Dato che Ep=-1776, complessivamente la sua Etot=-286.

Quindi resterà comunque legata al Sistema Solare. Man mano che sale lungo le pareti della curva sopraelevata rappresentata dal campo gravitazionale del Sole, trasforma parte della sua Ec in Ep, fino ad arrivare all'altezza di Giove.

Abbiamo visto che a 5,2UA la sua Ep=-342 (vedi cap. precedente).

La sonda ha una Etot, abbiamo visto,=-286.

All'altezza di Giove, avrà ancora un'energia Ec=56 (342-286).

V= radice di 56=7,5.

E' la velocità all'afelio, E lungo il percorso?

Vediamo: a 2UA la sua Ep=-1776/2=-888.

Tra 1 e 2 UA, la differenza di Ep risulta quindi 888.

La sonda è partita con Ec=1490. Ne ha lasciati per strada 888 che sono serviti per "salire" a 2UA.

Ne avrà ancora (1490-888)=602. La sua velocità sarà: radice di 602=24,5 Km/sec.
A 3UA avrà una Ep=-1776/3=592.
Persi per strada quindi 1776-592=1184
Perciò Ec=1490-1184=306. Radice=17,5 Km/sec.
A 4UA Ep=-444 (sempre 1776/4, persi per strada 1776-444=1332).
Troveremo perciò che Ec= 1490-1332=158. V=12,6.
A 5UA Ep=-355,5. Ec=1490-(1776-355,5)=69,5. V=8,3.
A 5,2 il conto lo abbiamo già fatto.
Possiamo però fare una verifica: per la seconda di Keplero, la V sarà 38,6/5,2=7,4.
EVVIVA, i conti tornano! (Piccole differenze sono dovute al fatto che abbiamo usato pochi decimali)
Comunque la formula generale, se riesco a scriverla con questo trabiccolo infernale, è: Velocità nell'orbita = radice di GM((2/r)-(1/a)).
Dove G è la costante di gravitazione universale, M la somma delle masse (nel nostro caso solamente il Sole), r la distanza, a il semiasse maggiore dell'orbita.
Detto per inciso,"-GM/r" è quell'Energia di legame di cui abbiamo parlato tanto.
Gira e rigira, con tre o quattro cose si può arrivare dappertutto.
Che forza questo Newton!
Ora digerisci questo, poi vediamo come continuare.
Pietro

La prima digestione si fa in bocca.
Avevo appena cominciato a masticare, quando...

Misteri e coincidenze

Adesso facciamo una considerazione curiosa: la sonda viene lanciata con una Vp=38,6 tangente all'orbita terrestre, descrive mezza ellisse, ed arriva all'altezza di Giove, da dove ricomincia a cadere verso il Sole.

A questo punto la sua velocità è, abbiamo visto, 7,4Km/sec.

Aveva una Ec iniziale di 1490, che è stata spesa QUASI TUTTA e trasformata in Ep, però NON TUTTA.

Una Ec=56 è rimasta. La sonda vola tangente all'orbita di Giove, ma non con velocità sufficiente a restarvi, essendo Vc=13,1.

Ci si può domandare: se fosse stata lanciata dalla Terra con la stessa velocità (38,6) non diretta "In avanti", ma con traiettoria diritta verticale in direzione opposta al Sole, che sarebbe successo?

(Già mi piacerebbe proprio vedere come sarebbe possibile, ma il bello della fisica è che si ipotizzano sempre ESPERIMENTI IDEALI).

Ora la nostra sonda viaggia verticalmente, quindi si fermerà quando TUTTA la Ec si sarà trasformata in Ep, e ricomincerà a cadere verso il Sole praticamente da ferma.

Un po' come sputare verso l'alto: bisogna togliersi da sotto per evitare il "viaggio di ritorno" esattamente sovrapposto a quello di partenza.

Comunque la caratteristica di questo tipo di percorso è che TUTTA la Ec verrà trasformata in Ep.

Quindi la sonda andrà un po' PIU' LONTANO.

E' evidente che, all'altezza di Giove, se i 56 ancora disponibili fossero indirizzati giusti, porterebbero la sonda verso l'alto (cioè dalla parte opposta al Sole).

A U.A.=5,2 , Ep vale -342.

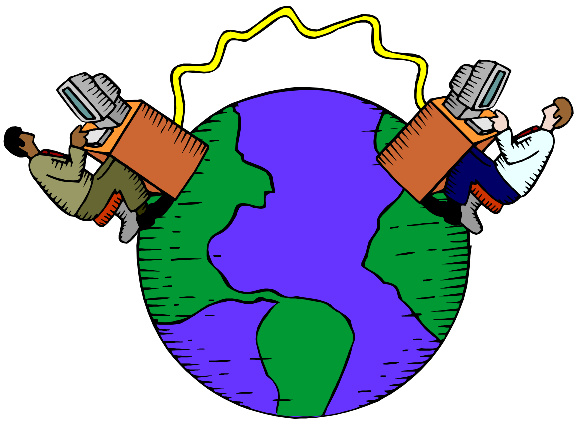
A che distanza Ep varrà 342-56=286???

La soluzione, che dovrebbe suggerire parecchio è 1776/286=6,2.

Cerchiamo di dare significato a questo risultato, tenendo presente che 6,2=5,2+1. A presto, Pietro.

Alcuni giorni dopo...

Spero di non fare un casino ma ritengo che, all'altezza dell'orbita di Giove i restanti 56 di Ec siano in grado di allontanare la sonda dal Sole ancora per 1 U.A., prima di iniziare la caduta con una Ep= -286, pari alla sua energia totale.
Se si è fermata significa che ha perso tutta l'energia cinetica a 6.2 U.A. dal Sole.
Naturalmente la Terra nel frattempo si sarà scansata, evitando così il rischio "sputo".
Certamente la sonda percorre una parabola, strettissima, la cui eccentricità è 1.
Poi avrei voluto calcolare la Vc ipotetica della sonda, conoscendo l'energia.
Senti Pietro ho avuto tanto da fare indigestione...
Il mio stomaco, anche lui, non è più come quello di una volta, è necessario, per digerire bene, mangiare poco!
Mi sarebbe piaciuto stupirti dicendoti a quale velocità la sonda sarebbe andata a farsi friggere (naturalmente sul Sole), ho messo su questa pagina una decina di formule, poi sostituite e sostituite ancora.
Questa sera mi sono vergognato ed ho deciso di scriverti lo stesso, naturalmente cancellando con attenzione le mie elucubrazioni.
Appena la digestione me lo permetterà, spero che avrò le idee più chiare.
Grazie ancora, Ugo



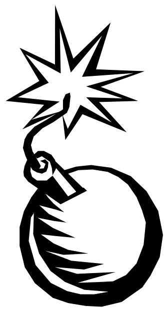
L'indovinello

Sono convinto che sta mentendo...

Non avevo nessuna intenzione di complicarti così la vita.
Non cercare messaggi oltre quelli elementari, la meccanica celeste ha questo di bello: pare complicata, ma è di una semplicità concettuale notevole, una volta capito il meccanismo.

In effetti questo "indovinello" mi è scoppiato tra le mani senza che me ne accorgessi.
Mi ci sono imbattuto strada facendo, nel controllare i calcoli che ti ho ammannito, ma ha un significato "profondo".
Se proviamo a farla partire da 0,5 UA con una velocità tale da arrivare a 5,7 (orbita di Giove), oppure se la facciamo partire da 0,1 UA con velocità tale da farla arrivare a 6,1, (hai tutte le formule per fare queste prove), scopriremo una cosa curiosa: in tutte queste ellissi, una abbastanza grassa (1 - 5,2), una molto più sottile (0,5 - 5,7), la terza sottilissima (quella praticamente “verticale” di cui abbiamo parlato prima), ma TUTTE LUNGHE 6,2 UA (asse maggiore), alla distanza dal Sole di 1UA presentano TUTTE LA STESSA VELOCITA', nel nostro caso, 38,6Km/sec circa, ed a 5,2 UA anche!!!
Tra quella poco eccentrica a quella molto eccentrica CAMBIA LA DIREZIONE DEL MISSILE, MA NON LA SUA VELOCITA'.
La direzione esattamente verticale si riferisce ugualmente ad una ellisse (stai attento, all'interno del sistema solare ci sono SOLO ELLISSI).
Con una parabola si ha la velocità di fuga, con una velocità superiore una iperbole.
Questa ellisse avrà un fuoco addirittura nel centro del Sole, l'altro fuoco a 6,2 UA, andata e ritorno sovrapposti, e quindi, come giustamente hai detto, con eccentricità prossima ad 1.

Però è una ellisse. Come hai fatto notare, andrebbe a farsi friggere nel Sole.
Tanto per non darti tregua, sulla superficie solare (diciamo 600.000Km di raggio circa, 1/250 UA) avrebbe un'energia (250x-1776)-286=443714.
V= poco più di 666 Km/sec.
Vedi, come dice il proverbio, "più parli più t' impiastri".
Per verificare ulteriormente fai questo calcolo (compito):
Perielio a 2, 3, 4. Asse maggiore dell'orbita 8. Quindi afelio a 6, 5, 4. (La terza è circolare, mi pare chiaro).
Vedrai che a 4 UA hanno TUTTE LA STESSA VELOCITA, CHE (GUARDA CASO) CORRISPONDE A QUELLA CIRCOLARE (sempre a 4UA). Pietro
P.S. Non è la scoperta dell'umidità nei pozzi.
Bastava guardare la formula generale della velocità nell'orbita, per vedere che questa non dipende dall'eccentricità, che difatti non vi compare... Ma noi non vogliamo solo "guardare le formule"!



L'indovinello non è scoppiato tra le sue mani, me lo ha propinato prima che scoppiasse. Ed io con orgoglio ho raccolto una strana palla di ferro, con una miccia fumante...

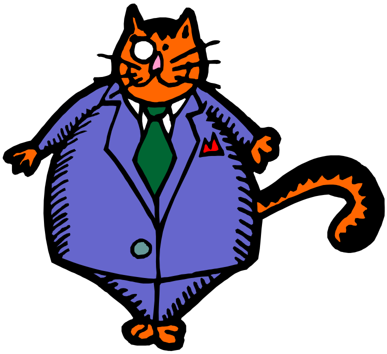
Indovinello: soluzione

Primo caso: *Perielio a 0,5 UA, afelio a 5,7 UA*
Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 0,5 (UA)
Quindi la sua Ep sarà: -1776/0,5= -3.552
Se fosse su un'orbita circolare a 0,5 UA avrebbe una Ec pari a 3.552/2= 1776. Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 1776=42,14Km/sec.
Poichè l'orbita è eccentrica e=(5,7-0,5):(5,7+0,5)= 0,83
La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))
Quindi sarà Vper= 42,14x(radice di 1,83)= 42,14 x 1,352 = 57Km/sec

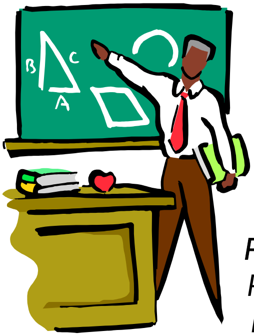
Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 57 al quadrato e cioè Ec= 3249
La Etot della sonda sarà perciò -3552+3249= -303
All'afelio la sua Ep sarà -1776/5,7= -311,57
Persi per strada 3552-311,57=3240,43. Perciò la sua Ec sarà 3249-3240,43=8,57
La sua velocità sarà quindi radice di 8,57= 2,92Km/sec
Vediamo la velocità a 1UA...
Perciò -1776/1=-1776=Ep
-3552+1776=-1776 persi per strada.
3249-1776= 1473 =Ec. radice di 1473 = 38,37Km/sec
A 5,2 UA la sua Ep sarà -1776/5,2= -341,53
Persi per strada 3552-341,53=3210,47. Perciò la sua Ec sarà 3249-3210,47=38,53
La sua velocità sarà quindi radice di 38,53= 6,207Km/sec

Secondo caso: *Perielio a 0,1, afelio a 6,1*
Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 0,1 (UA)
Quindi la sua Ep sarà: -1776/0,1= -17.760
Se fosse su un'orbita circolare a 0,1 UA avrebbe una Ec pari a 17760/2= 8880. Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 8880=94,233Km/sec.
Poichè l'orbita è eccentrica e=(6,1-0,1):(6,1+0,1)= 0,9677
La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))
Quindi sarà Vper= 94,233x(radice di 1,9677)= 94,233 x 1,402 = 132,185Km/sec
Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 132,185 al quadrato e cioè Ec= 17472
La Etot della sonda sarà perciò -17760+17472= -288 (il precedente era -303)
All'afelio la sua Ep sarà -1776/6,1= -291,14
Persi per strada 17760-291,14=17468,86. Perciò la sua Ec sarà 17472-17468,86=3,14
La sua velocità sarà quindi radice di 3,14= 1,77Km/sec
Vediamo la velocità a 1UA...

Perciò -1776/1=-1776=Ep
-17760+1776=-15984 persi per strada.
17472-15984= 1488 =Ec. radice di 1488 = 38,57Km/sec
A 5,2 UA *la sua Ep sarà -1776/5,2= -341,53*
Persi per strada 17760-341,53=17418,47. Perciò la sua Ec sarà 17472-17418,47=53,53
La sua velocità sarà quindi radice di 53,53= 7,31Km/sec



Correzione del compito.
L'eccentricità della prima orbita non è 0,83 ma 0,83871
La differenza sembra poca, ma non lo è. Quando le eccentricità si avvicinano a 1, e le V alla Vfuga, bisogna fare i calcoli con almeno 5 o 6 decimali. Se rifai i calcoli con questo criterio, vedrai che torna tutto.
Devi pensare che anche tra le energie, tra 1501 e 1503 non c'è gran differenza, ma se gliene togli 1498 e ne restano 3 e 5, anche se se ne fa la radice, la differenza è quasi il 30%.
Tieni presente che certe formule sono del tipo 1/(1-e). Con e= 0,5 poca differenza nei decimali non cambia molto.
Ma con e= 0,96774193 (0,1-6,1) non si può trascurare nulla. Per fare meno approssimazioni possibili, usa un trucco: Vcirc terrestre= 29,8. (Ec=888,04. Cambia poco, ma non è 888).
Se parti da qui, per esempio a 0,5 la velocità sarà 29,8 x radice di 2 (1/0,5)=42,14356416. E Vper=57,1463. E=3266, e non 3249.
Sembra poco, ma all'afelio la V sarà quasi 5 invece che quasi 3.
Nei casi seguenti, se fai i calcoli precisi, vedrai che torna tutto. Quando ci si avvicina a 1, a Zero, a radice di due, piccolissime differenze portano a grandi conseguenze.
Per questo il calcolo delle orbite cometarie nei pressi del perielio ha sempre creato enormi difficoltà.Perché per fare calcoli molto precisi ci vogliono misure molto precise, e non è per niente facile averle. Un abbraccio al mio allievo più simpatico. Pietro



Pur di vedermi far di conto, sfodera le più vergognose moine, ed io ci casco. Quindi nuovamente al lavoro...

Indovinello: ri...soluzione

Primo caso: Perielio a 0,5 UA, afelio a 5,7 UA

Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 0,5 (UA)

Quindi la sua Ep sarà: -1776/0,5= -3.552

Se fosse su un'orbita circolare a 0,5 UA avrebbe una Ec pari a 3.552/2= 1776. Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 1776=42,142615Km/sec.

Poichè l'orbita è eccentrica e=(5,7-0,5):(5,7+0,5)= 0,83871

La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))

Quindi sarà Vper= 42,142615x(radice di 1,83871)= 42,142615 x 1,35599 = 57,144972Km/sec

Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 57,144972 al quadrato e cioè Ec= 3265,5478

La Etot della sonda sarà perciò -3552+3265,5478= -286,4522

All'afelio la sua Ep sarà -1776/5,7= -311,57894

Persi per strada 3552-311,57894=3240,4211. Perciò la sua Ec sarà 3265,5478-3240,4211=25,1267

*La sua velocità sarà quindi radice di 25,1267= **5,01265Km/sec***

Vediamo la velocità a 1UA...

Perciò -1776/1=-1776=Ep

-3552+1776=-1776 persi per strada.

3265,5478-1776=1489,5478=Ec.

*radice di 1489,5478=**38,59466Km/sec***

A 5,2 UA la sua Ep sarà -1776/5,2= -341,53846

Persi per strada 3552-341,53846=3210,4616. Perciò la sua Ec sarà 3265,5478-3210,4616=55,0862

La sua velocità sarà quindi

*radice di 55,0862= **7,4220078Km/sec***

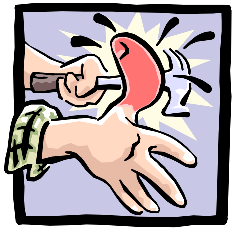
Secondo caso: Perielio a 0,1, afelio a 6,1

Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 0,1 (UA)
Quindi la sua Ep sarà: -1776/0,1= -17.760
Se fosse su un'orbita circolare a 0,1 UA avrebbe una Ec pari a 17760/2= 8880. Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 8880=94,233751Km/sec.
Poichè l'orbita è eccentrica e=(6,1-0,1):(6,1+0,1)= 0,9677419
La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))
Quindi sarà Vper= 94,233751x(radice di 1,9677419)= 94,233751 x 1,4027622 = 132,18754Km/sec
Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 132,18754 al quadrato e cioè Ec= 17473,545
La Etot della sonda sarà perciò -17760+17473,545= -286,455
All'afelio la sua Ep sarà -1776/6,1= -291,14754
Persi per strada 17760-291,14754=17468,853. Perciò la sua Ec sarà 17473,545-17468,853=4,692
La sua velocità sarà quindi radice di 3,14= 2,1661024Km/sec
Vediamo la velocità a 1UA...
Perciò -1776/1=-1776=Ep
-17760+1776=-15984 persi per strada.
17473,545-15984=1489,545=Ec
*radice di 1489,545=*38,594623Km/sec

A 5,2 UA *la sua Ep sarà -1776/5,2= -341,53846*
Persi per strada 17760-341,53846=17418,462. Perciò la sua Ec sarà 17473,545-17418,462=55,083
La sua velocità sarà quindi radice di 55,083= 7,4217922Km/sec

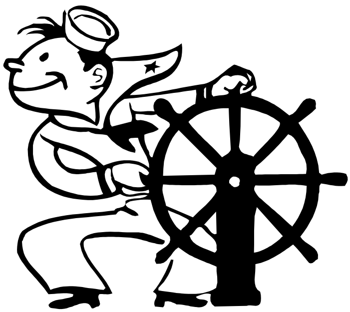
Per Pietro... Come voleva(si) dimostrare
La faccenda mi incuriosisce molto. Ha anche una identica Etot (-286,45...)
Forse è che a parità di Etot risulta una identica velocità (naturalmente per le distanze dal Sole che le due orbite hanno in comune)?
Se fosse così, potremmo conoscere la velocità di qualsiasi oggetto in ogni punto del sistema solare esclusivamente conoscendo la Etot dell'oggetto e la distanza dal Sole.

Ho lasciato anche i calcoli originali per dimostrare che i tuoi consigli hanno un valore fondamentale.
Ciao Maestro, attendo una spiegazione...
Tuo affezionato, Ugo



Sono quasi cinquant'anni che faccio il meccanico, mai ho avuto questi problemi...

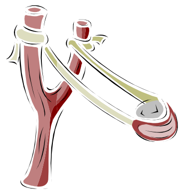
Mi fa piacere che tu vada alla scoperta della meccanica ragionandoci su.
Abbiamo già detto che ad una certa distanza dal Sole, la velocità è caratterizzata SOLO dal semiasse maggiore dell'orbita.
Se, come abbiamo visto, l'orbita ha un asse maggiore 6,2 (semiasse 3,1) ad una certa distanza avrà una certa velocità, e diverse direzioni a seconda che percorra orbite panciute o affusolate.
Questa distanza sarà caratterizzata da una certa Ep. La V al quadrato comporta una certa Ec. Etot, essendo la somma di due cose uguali, sarà sempre la stessa (per quella famiglia di orbite).
Stai attento, le tue conclusioni sono giuste, ma stai un po' confondendo LA CAUSA CON L'EFFETTO.



Del resto è più che comprensibile: stai correndo come un dannato, può capitare facilmente che tu non ti ricordi esattamente tutto il percorso fatto. Ciò che ti appare come una conclusione, forse cambiando un po' le parole, è praticamente nella zona da dove siamo partiti.
Però è notevole che tu lo abbia riconosciuto come "punto cospicuo della rotta" (Il linguaggio marinaro non mi abbandona mai!) Ciao, Pietro

Ed io mi faccio "imbarcare" ancora una volta. L'"effetto fionda" tra capo e collo, l'ultima batosta

Effetto fionda due



Ora siamo pronti per provare a vedere un caso abbastanza simile alla realtà.
Cominciamo con lanciare una sonda verso Giove, però con una velocità sufficiente ad arrivare un po' oltre, per esempio a 6 UA, in modo tale quindi che INCROCI l'orbita del pianeta maggiore.
La nuova eccentricità sarà quindi 5/7=0,714.
La velocità di partenza richiesta sarà Vp=Vc x radice di 1,714=39.
Appena un po' di più che nel caso discusso in precedenza.
La nuova velocità da fornire alla sonda è quindi 9,2 Km/sec. In conseguenza (non rispieghiamo tutti i calcoli) dovrà partire da Terra a 14,5 Km/sec.
Già da questo si vede che piccole differenze di velocità iniziale (circa 250 m/sec) portano a grandi differenze finali.
Ricapitolando avremo: Ec iniziale=1521. Ep=-1776. Etot= -255.
Per arrivare a Giove (5,2 UA) perde per strada, abbiamo visto, 1434.
All'arrivo avrà Ec=87. V (radice di 87)=9,327 Km/sec.
Per la seconda legge di Keplero, la velocità tangenziale sarà 5,2 volte meno che alla partenza, quindi avremo
39/5,2=7,500Km/sec.
La velocità radiale (teorema di Pitagora) sarà:
radice di ($9{,}327^2$-$7{,}500^2$)=5,545Km/sec.
Se componiamo questa velocità con quella di Giove, resta:
Radiale= 5,545Km/sec.
Tangenziale=13,068-7,500=5,568Km/sec.
Teorema di Pitagora, V relativa a Giove=7,858Km/sec.
A questo punto un po' di trigonometria non farebbe male, però per fortuna in questo caso possiamo farne a meno.
Dato che le due "componenti" della velocità sono quasi uguali, diciamo che l'angolo con cui, "da sinistra" Giove vede la sonda arrivargli addosso, vale praticamente 45 gradi. (Giove, naturalmente, ha la prua orientata verso l'orbita che sta percorrendo, n.d.r.) In linguaggio marinaro (in fondo siamo di Genova) la vedetta direbbe: Sonda in rotta di collisione ad ore 10,30!

La sonda precipita verso Giove, accelerando nella caduta, e più profondamente cade, come visto, e più la sua traiettoria sarà incurvata.
Non molto, comunque, perché anche se Giove ha un forte campo gravitazionale, la sonda viaggia a MOLTO più della velocità di fuga.
Una deviazione tra la direzione di entrata e quella di uscita di circa 45°, oltre ad essere ragionevole, ci facilita enormemente i calcoli. Quindi "facciamo finta" che sia così. In un prossimo discorso vedremo di analizzare l'orbita della sonda in prossimità di Giove, ma per ora non mettiamo troppa carne al fuoco.
Ora: da Giove abbiamo visto la sonda arrivare da sinistra a 7,858Km/sec. con angolo di 45°. Se non subisse deviazioni, la vedremmo andarsene verso destra, all'indietro, con angolo di 45°.
Ma è stata deviata, per cui la vedremo allontanarsi verso destra a 90°, quindi esattamente in direzione contraria al Sole, a 7,858 Km/sec. (il marinaio dice: in allontanamento ad ore 3,00!)
Bene, ora torniamo sul Sole (non proprio, ci fa troppo caldo).
Vediamo la sonda che viaggia ALLA STESSA velocità tangenziale di Giove, e si allontanerà da lui a 7,858Km/sec., praticamente restandogli inizialmente affiancata (In linguaggio caro agli astrofili osservatori: in congiunzione).
Con V complessiva (Pitagora)=15,250Km/sec.
Ha quindi guadagnato 6 Km/sec circa.
La prossima volta cercheremo di analizzare la nuova orbita, e vedere dove vada a sbattere. Pietro

Questa è proprio cattiveria. Quando ti pare di aver capito ogni cosa, arrivano queste minacciose predizioni

Eh Eh Eh, ora digerisci questo.
Poi ti prometto che per un po' ti lascio tranquillo. I calcoli non li ho scritti per esteso, se vuoi hai tutte le formule, se vuoi li scrivo io. Pietro

Un inutile sfogo...

Ciao Pietro

Sono due notti che non dormo. Mio nipotino, Pietro (8 mesi), è stato mio ospite giorno e notte.

I suoi genitori sono molto fiduciosi, ce lo lasciano volentieri.

Ho passato una notte d'inferno. Ogni ora il piccolo era sveglio.

Mettiti nei miei panni. Pietro il Grande (di età), mi riempie il cervello di formule, pensieri, compiti e domande assurde.

Pietro il Piccolo, mi sveglia ogni ora per poi riaddormentarsi subito. Soltanto per dispetto.

Io stento a riprendere sonno. Ho tentato di contare le pecorelle. Non ne riuscivo ad immaginare l'aspetto.

Mi si presentavano dei Pit Bull (spero di scrivere giusto), che attraversato il recinto, mi guardavano con aria minacciosa.

Ho cominciato a contare... 1, 2, 3, 4,... ma perchè a 4UA l'Ep è inferiore che a 2 UA? Ah si, è energia negativa, ha un meno davanti, è naturale. Più è lontana la sonda e maggiore è l'energia potenziale. Ep= -300 ha più energia di Ep = -600.

Ho paura di collegarmi in rete. Mi faccio coraggio. Soltanto un'attimo, forse nessuna nuova. Fatto. Sei nuovi arrivi.

Offerta di carciofi congelati, stupendo, butto via. Le più belle della rete, anche questa è andata. Una richiesta di fondi a favore degli orfani centenari, nel cestino. Scarpe con luci, stop e frecce, se lo sapesse il piccolo... ma per adesso butto.

Un affezionato che ha fiducia nelle mie capacità, e mi chiede lumi. Se mi vedesse in questo stato probabilmente non scriverebbe. Domani rispondo. Ed infine il tuo nome compare per ultimo. C'è anche un'allegato, si avvera la profezia...

Leggo le tre righe di accompagnamento, anzi le prime tre parole: "Eh Eh Eh". Chiunque abbia la disavventura di leggere questi miei commenti deve prenderne atto.

Se tu avessi scritto "Ah Ah Ah", sarebbe una bella risata schietta, sincera, coinvolgente.

Se fosse "Ih Ih Ih", avrei l'impressione di esserti complice in qualche marachella. Non c'è niente da fare "Eh Eh Eh" è una risata perfida, minacciosa, piena di presagi sfavorevoli...
Una veloce lettura ha confermato i miei timori. La sonda, che io, forse inconsciamente, avevo mandato a farsi friggere sul Sole, ha fatto una strada diversa, si sta allontanando da Giove molto velocemente. Fortunatamente non abbastanza per abbandonare il sistema solare. Altrimenti mi troverei a vagare nei pressi di Sirio cercando di scansare il sistema doppio che complicherebbe non poco l'avventura.
Purtroppo c'è un grosso rischio, la sonda ha la capacità di raggiungere ed oltrepassare l'orbita di Saturno. Spero tanto che in quel momento,il pianeta con gli anelli, si trovi a 19,078 U.A. dalla sonda.
Purtroppo sia Pietro il Grande che Pietro il Piccolo, sono totalmente imprevedibili.
Ed io sono in balia dei vostri capricci.
A presto, Ugo

E la predizione si avvera... Ma è così difficile la trigonometria?

Senza trigonometria!

Ora proviamo una cosa un po’ laboriosa e macchinosa: cerchiamo di analizzare il moto della sonda DOPO l’incontro con Giove, SENZA TRIGONOMETRIA, ma con la matematica semplicissima che abbiamo usato sin’ora. Probabilmente esiste un sistema più semplice che non preveda l’uso di una matematica un po’ più complessa, ma mi pare di non ricordarlo.
Quindi procederemo lungo una strada un po’ tortuosa, del resto

probabilmente percorrendo tutto questo zig-zag, ci si impadronisce un po’ meglio dei concetti. Allora cominciamo.
Dopo l’incontro, abbiamo

visto, la nuova V=15,250, di cui 13,068 tangente all'orbita di Giove, e 7,858 perpendicolare alla stessa.
Incidentalmente, ma non serve, diciamo che l'angolo con cui questa rotta inizialmente diverge da quella di Giove vale 31 gradi.
Abbiamo notato che, ad una certa distanza dal Sole, la Velocità dipende SOLO dall'asse maggiore dell'orbita (in linguaggio corretto è SEMIASSE, difatti l'asse maggiore viene indicato con 2a, ma non sottilizziamo, per lo meno all'inizio).
Comunque si può, con qualche passaggio algebrico, arrivare ad una formula generale.
Vediamo se riesco a scriverla: $2a=2R/[2-(V/Vc)^2]$ dove 2a è l'asse maggiore, R la distanza a cui si fa la misura, V la velocità della sonda, Vc la velocità circolare che competerebbe alla distanza R in questione.
Facendo i calcoli, viene un asse maggiore di circa 16,3 UA.
Quindi la nostra sonda è inserita su un'orbita, non sappiamo ancora quale, che però HA UN ASSE MAGGIORE DI 16,3 UA.
Attenzione ora.
Alla distanza di 8,15 UA, un pianeta che descrivesse un'orbita circolare, cioè del diametro 16,3, avrebbe V=10,438Km/sec.
Anche la nostra sonda partita da 5,2 UA avrebbe la stessa velocità, come qualunque sonda che descriva un'orbita con l'asse maggiore 2a=16,3 UA, solo orientata in modo diverso.
Quindi, la nostra sonda (quella vera) ha anche lei una V=10,438.
Però, se aveva una Vtang.=13,068 a 5,2 UA, per la legge delle aree (Keplero, seconda) a 8,15UA avrà una Vtang=8,338.
Usando un po' di Pitagora, avremo Vrad=6,279.
Il rapporto Vrad/Vcirc= 0,602.
A questo punto c'è qualcosa che bisogna mangiare ad occhi chiusi.
In che senso? Vediamo.
Torniamo sulle nostre sonde strane: con V tutta tangente, Vrad/Vcirc=0, l'orbita è circolare, eccentricità zero.
Con tutta la V radiale, Vrad/Vcirc=1, l'orbita è rettilinea "avanti ed indietro, sovrapposta", con eccentricità=1.
Se facciamo qualche prova, facendo come se la trigonometria non esistesse, facendo passare tre o quattro sonde, con perieli vari,

TUTTE con lo stesso asse maggiore, (16,3) e quindi con la stessa velocità a 8,15UA, notiamo una evidenza: Vrad/Vcirc coincide con l'eccentricità!!!
QUINDI ABBIAMO L'ECCENTRICITA' che ci serviva, vale: e=0,602.
A questo punto diventa tutto facile.
Con un po' di algebra, da e=(Q-q)/(Q+q) si ricava Q=q(1+e)/(1-e).
Se e=0,602, sarà Q=4,025q. Se Q+q=16,3 allora sarà:
q=16,3/(1+4,025)=3,10 e Q=3,10x4,025=13,20.
Possiamo fare prove di controllo, e FUNZIONA.
Quindi la nostra sonda, dopo l'incontro con Giove, anziché a 6 arriverà a 13,20 UA. Chiaro? Speriamo...
Possiamo ricapitolare questo metodo un po' grottesco, che permette però di arrivare passo passo all'orbita finale, senza andare oltre la radice quadrata. Nel punto che ci interessa (nel caso, 5,2 UA) la Vtot. sarà caratteristica di un certo asse maggiore dell'orbita, QUALUNQUE SIA la direzione.
Usando la formula generale $2a=2R/[2-(V/Vc)^2]$ otterremo questo asse maggiore, che sarà anche quello della nostra sonda.
Ora spostiamoci su questa orbita, fino all'altezza in cui incrocia l'ORBITA CIRCOLARE con lo stesso asse maggiore,(che per lei è l' unico). Orbita circolare ed orbita ellittica, saranno caratterizzate da una sola velocità.

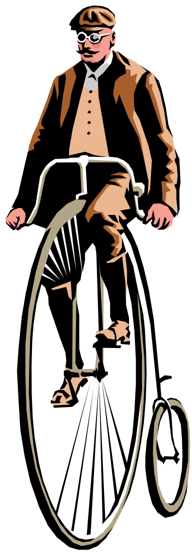
Però in questo caso, SENZA TRIGONOMETRIA, solo usando il rapporto tra velocità "radiale" e velocità totale, (uguale alla circolare) determiniamo l'eccentricità. Conoscendo il semiasse maggiore e l'eccentricità, il resto è (o dovrebbe essere) facile. Ora vediamo se troviamo un sistema per passare DIRETTAMENTE alle caratteristiche orbitali con un percorso più breve. Non è detto che ci si riesca, ma proveremo. Pietro

"Più parli e più t'impiastri", quando imparerò...

Ciao Pietro
Forse è chiedere troppo ma sarei curioso di conoscere i tempi delle orbite studiate. Quanto ci mette la "sonda" a percorrere le varie orbite? È possibile calcolarne le varie durate?
Potrebbe essere interessante. A presto, Ugo

Ma perché non mi sono dedicato a studiare a memoria la Divina Commedia, il buon Dante non potrebbe aggiungere altro...

Il tempo totale (e quindi anche la metà) é legato all'asse maggiore dell'orbita, e vale radice di 2a al cubo (terza di Keplero).
Per 6,2 (per la Terra vale 2) = circa 5 anni e mezzo, e la metà dal perielio all'afelio.
Per i tempi di percorrenza parziali il discorso si fa pesante.
C'è una cosa maledetta che si chiama "anomalia",che coinvolge inevitabilmente, che io sappia, la trigonometria.
Con la legge delle aree si possono scegliere punti significativi (pochi) e determinare qualche intervallo così, ma poca roba.
Vedo se riesco a trovare un modo che non faccia uso di matematica rompic... (non posso riportare la parola esatta N.d.r.), ma ho poche speranze.
Pietro



Quando mi dirà che abbiamo finito?

Credevi che tutto si sarebbe esaurito in due righe? Così e cosà, arrivederci e grazie? Hai voluto la bicicletta? ADESSO PEDALA!
Pietro

Ed io, mestamente, ho cominciato a pedalare...

Compito

Ciao Pietro
Oggi mi dedico al compito, inizio a scrivere.
Perielio a 2, 3, 4 U.A. Asse maggiore dell'orbita 8 U.A. Quindi afelio a 6, 5, 4 (la terza è circolare, mi pare chiaro).

Terzo caso: *Una voce (in queste situazioni spesso mi par di udire le voci, è grave?), mi consiglia di esaminare prima l'orbita circolare.*
Non ho dubbi che la velocità circolare Vc, in questo caso, sia identica alla velocità V della sonda.
Poichè l'unità di misura delle distanze, in questi caso, è l'unità astronomica U.A. (distanza Sole - Terra) e chiaro che i dati della Terra sono importantissimi.
Provo a calcolare le energie...
Dalla tua esposizione risulta chiaro che la Ep della Terra è -1776 e la Ec è 888 (teorema del Viriale).
La sonda che si trova a 4 U.A. dal Sole avrà una Ep pari a -1776/4= -444
La sua Ec sarà 444/2=222. Radice quadrata= 14,9 Km/sec. Questa è la velocità circolare (Vc) della sonda.
L'orbita circolare ci permette anche di dire che questa è la velocità (V) della sonda.

Secondo caso: *Perielio a 3 UA, afelio a 5 UA*
Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 3 (UA)
Quindi la sua Ep sarà: -1776/3= -592
Se fosse su un'orbita circolare a 3 UA avrebbe una Ec pari a 592/2= 296. Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 310=17,2Km/sec.
Poichè l'orbita è eccentrica e=(5-3):(5+3)= 0,25
La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))

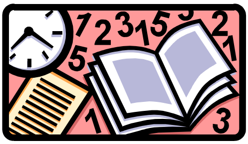
Quindi sarà Vper= 17,2x(radice di 1,250)= 17,2 x 1.118 = 19,23Km/sec
Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 19,23 al quadrato e cioè Ec= 369,79
La Etot della sonda sarà perciò -592+369,79= -222,21
All'afelio la sua Ep sarà -1776/5= -355,2.
Persi per strada 592-355,2=236,8. Perciò la sua Ec sarà 369,79-236,8=132,99
La sua velocità sarà quindi radice di 132,99= 11.53Km/sec
Vediamo la velocità a 4UA...
Perciò -1776/4=-444=Ep
-592+444=-148 persi per strada.
369,99-148= 221.99 =Ec. radice di 221.99 = 14,89Km/sec (piccola differenza probabilmente dovuta ai resti...)

Primo caso: *Perielio a 2 UA, afelio a 6 UA*
Per conoscere la Ep al perielio basta dividere la Ep terrestre (-1776)per 2 (UA)
Quindi la sua Ep sarà: -1776/2= -888
Se fosse su un'orbita circolare a 2 UA avrebbe una Ec pari a 888/2= 444.
Quindi la sua Vc sarebbe: radice di 444=21,07Km/sec.
Poichè l'orbita è eccentrica e=(6-2):(6+2)= 0,5
La velocità al perielio si trova Vper = Vc x(radice di (1+e))
Quindi sarà Vper= 21,07x(radice di 1,5)= 25,8Km/sec
Quindi al perielio la sonda avrà una Ec di 25,8 al quadrato e cioè Ec= 665,91
La Etot della sonda sarà perciò -888+665,91= -222,09 (molto simile alle precedenti!!!)
All'afelio la sua Ep sarà -1776/6= -296.
Persi per strada 888-296=592. Perciò la sua Ec sarà 665,91-592=73,91
La sua velocità sarà quindi radice di 73,91= 8,59Km/sec
Vediamo la velocità a 4UA...
Perciò -1776/4=-444=Ep
-888+444=-444 persi per strada.

665,91-444= 221,91 =Ec. radice di 221,91 = 14,89Km/sec (Come sopra!!!)
Vedi Pietro che basta avere due ore di pace e tranquillità si arriva dove si vuole! Spero di aver fatto tutto giusto...
Sono in fervente attesa di una tua conferma. Saluti, Ugo

Anche io ho imparato a mentire, è una settimana che studio...

Se la qualità' del maestro si giudica dall'allievo... Tutto perfetto. Volendo puoi scegliere qualche "trucchetto" per abbreviare un po' i calcoli, ma ne riparliamo. Se senti "delle voci" fatti dare qualche numero, che giochiamo al superenalotto. Pietro



Numeri? Sono due settimane che mi da dei numeri! E vuole dei numeri da me?

Ora ti prometto che ti lascio tranquillo, ma non credere di aver finito: manca la deviazione fuori del piano dell'eclittica (per esempio la sonda che studia i poli del Sole, non ricordo come si chiami), l'effetto inverso (cattura di comete da parte dei pianeti maggiori) e lo studio delle orbite iperboliche (deviazione delle sonde). Poi, volendo, un satellite che entra in un sistema e ne resta catturato espellendo un satellite già presente.
Poi vediamo. Comunque non ti preoccupare, una volta impadronitoti del meccanismo, gira e rigira son sempre le solite quattro cose.Vedi cosa succede ad andare a svegliare il can che dorme? Pietro

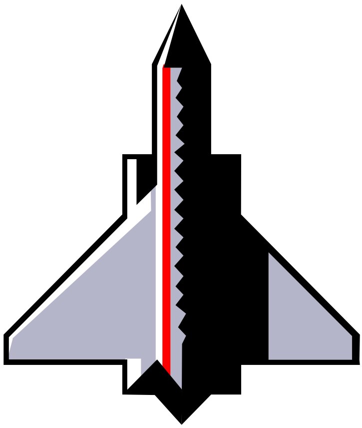
È molto più semplice riaddormentare Pietro il Piccolo. Infatti...

Ti mando l'inizio di un'altra cosa che mi è frullata in mente. Punto per punto studieremo una missione interplanetaria. Ciao, Pietro

Ecco la soluzione! Una lontana missione nella foresta amazzonica, dove non arrivano le e-mail...

La missione

Ora, se noi consideriamo il Sistema Solare nel suo complesso, vediamo una immensa giostra, che gira (quasi) tutta nello stesso senso con velocità decrescente dal centro, dove la "parete" dell'imbuto è più ripida, verso la periferia.
Comunque si tratta di velocità notevoli: la Terra, come appena visto, viaggia a 29,8 Km/sec, qualcosa come 107000 Km orari.
Abbiamo anche visto che "ragionevoli" differenze di velocità portano a descrivere orbite parecchio diverse.
Prima di andare avanti, bisogna però fare una considerazione importante sui missili che sparacchiamo qua e là per il Sistema.



Un razzo funziona secondo il principio di azione e reazione.
Del combustibile (ad esempio cherosene) e del comburente (ossigeno) vengono fatti reagire, bruciano violentemente, si gonfiano a dismisura, e vengono espulsi dalla coda a grande velocità.
Il "rinculo" spinge il razzo nella direzione opposta, accelerandolo.
Il tutto secondo la famosa formula di Newton f=ma, ovvero a=f:m.
La f (forza) è proporzionale alla velocità di eiezione del gas ed alla sua quantità, la m (massa) è quella del razzo che subisce la spinta, l'accelerazione (a) è quella che ne risulta: forza esercitata diviso massa da accelerare. Ora, all'inizio la spinta produrrà un'accelerazione, ma man mano che il combustibile viene consumato, la massa da accelerare sarà meno, quindi l'accelerazione più forte, fino a raggiungere il massimo un attimo prima che il motore si spenga per esaurimento del propellente.
Se il combustibile fosse molto poco rispetto al peso totale del razzo, non ci sarebbero grossi problemi: si farebbe una media tra

l'accelerazione iniziale e quella finale, e più o meno....Però generalmente non è così.
La maggior parte del missile è costituito dal combustibile, quindi il calcolo si fa un po' più complicato.
La matematica ci viene in aiuto, con una formula finale, Δ sta per delta: $\Delta V = Vej \times \ln(M1/M2)$.
Cioè, la variazione (Δ) di velocità (V) è proporzionale alla Velocità di uscita del gas (Vej), moltiplicata per il Logaritmo naturale (ln) del rapporto tra la massa iniziale(M1) e la massa finale (M2).
Così, per esempio, con 3000 m/sec di Vejezione e un "peso" (massa) finale di un decimo dell'iniziale, il razzo potrà imprimere una variazione di velocità di 6908 m/sec., se invece il rapporto è 100/1 la velocità sarà 13816 m/sec.
Visto così sembra un'assurdità, eppure....bisogna pensare che all'inizio il motore dovrà accelerare non solo il carico utile, ma anche le tonnellate e tonnellate di propellente che gli serviranno in seguito.
Comunque basta considerare 100/1 come due fasi successive, 100/10 e 10/1, e due accelerazioni 6908+6908=13816.
Questo spiega perché partano razzi così enormi, per arrivare con carichi così piccoli. E questo ci fa anche capire che, se non si potrà aumentare sensibilmente la Vej (e questo coi razzi chimici non appare possibile), le grandi variazioni di velocità dovremo scordarcele. Ecco perché, per ottenere le velocità che ci servono, dobbiamo andare in giro ad elemosinare Gravity Assist dovunque sia possibile! Ora, per questi motivi noi possiamo spostarci verso l'alto o verso il basso in questa immensa giostra, però sempre assecondando il movimento generale.
Se noi volessimo, per esempio, inviare una sonda interplanetaria che "girasse al contrario", bisognerebbe prima fermarla, e poi riaccelerarla in senso inverso. Dovremmo costruire e lanciare un razzo immenso per un carico finale pesante quanto una moneta!
E' proprio per questo che, nell'incontro con la famosa cometa di Halley, che appunto gira in senso inverso, ci si è dovuti accontentare di un brevissimo "quasi frontale" della durata di pochi minuti, alla velocità relativa di oltre 200 mila Km l'ora.

Stabilito che la parte più difficile è far raggiungere alle sonde la velocità necessaria per arrivare alla meta, tutto quello che si può escogitare per ridurre al minimo gli incrementi di velocità necessari è benvenuto.
Bisogna perciò fare bene attenzione a come si agisce.
Per esempio, abbiamo visto che "sparando" il 90% della massa iniziale, (Massa finale= 1/10 dell'iniziale) si può avere un incremento di velocità di 6,9 Km/sec.
Questo è sempre lo stesso, sia che si parta da una o da un'altra velocità. Però il risultato finale NON è lo stesso.
Vediamo: partendo da un'orbita detta "di parcheggio" attorno alla Terra, caratterizzata da una velocità di 7 Km/sec, la Vfinale=13,9, comporterà un'energia (scegliendo le unità di misura in modo opportuno, come abbiamo fatto nei discorsi precedenti) di 193.
Partendo da un'orbita con V=4, la Vfinale sarà 10,9, e l'energia finale 119.
Ora, per giudicare da dove sia più conveniente partire, dobbiamo vedere quanta energia potenziale la prima sonda perderà, per passare dalla prima alla seconda orbita.
La differenza di Ec è 193-119=74. Nel caso della Terra, la V=7 è caratteristica di un'altezza di circa 1785 Km, mentre V=4 di un'altezza di circa 18623Km.
Le due energie potenziali valgono -2x(7x7)=-98 e -2x(4x4)=-32.
La differenza è 66. Quindi la sonda, partendo dalla prima orbita, lascerà "per strada" 66, e si presenterà all'altezza della seconda orbita con 193-66=127, appena poco, ma maggiore di 119.
Una volta abbandonato il campo gravitazionale della Terra, avranno un'energia residua rispettivamente di 95 (127-32) e 87 (119-32).
Le velocità residue (radice di Ec)= 9,7 e 9,3 Km/sec.
Si inseriranno su orbite eliocentriche con e=0,757 e 0,721, con afelio a 7,23 e 6,17 UA.
Ecco quindi un bel controsenso: a pari consumo, talvolta (non sempre, talvolta) partendo da un'orbita bassa SI PUO' ARRIVARE PIU' LONTANO che partendo da un'orbita alta.
E questo senza contare l'energia che, in precedenza, si è dovuta spendere per passare dall'orbita bassa all'orbita alta.

Che non è per niente poca: abbiamo visto che addirittura vale 66!
Ma dai...

Colpito! Devo confessare la mia ignoranza. Mi genufletto e...

Ciao Pietro
Primo (e unico) problema per la mia comprensione si è rivelato il "logaritmo naturale" (che non ho trovato "naturale" per niente) ...
Praticamente non ho capito perchè, con la velocità di uscita gas a 3Km al secondo si arriva ad "accelerare" fino ai due valori indicati.
Bisogna che compro un libro di alta matematica per le scuole elementari. Spero di trovarlo...
Chiedo un po' di luce. Saluti, Ugo

Poche, chiare parole, mi aprono un ampio spiraglio...

Logaritmi

Prendiamo un numero: 10.000. Possiamo esprimerlo come 10 elevato a 4.
1000 come 10 elevato a 3, 100 come 10 elevato a 2, 10 come 10 elevato a 1, ed 1 come 10 elevato a zero, 0,1 come 10 elevato a –1, 0,01 come 10 elevato a –2.
E 10 elevato a 0,5 quanto fa? Radice quadrata di 10, =3,16227...
E 10 elevato a 1,5 è (0,5x3)=radice di 10 al cubo = 31,6227...
Allora, chiamato 10 BASE, diciamo che, ad esempio, 3 è il logaritmo di 1000 in base 10.
In pratica l'esponente a cui bisogna elevare la base (10) per avere il nostro numero.
Si possono esprimere tutti i numeri in forma di logaritmo, una volta con le tavole, oggi con una semplicissima calcolatrice scientifica. (costo alla Metro Euro 5,90+IVA).
Per esempio il logaritmo di 127 è 2,1038.... Di 12,7 è 1,1038.... Di 12700 è 4,1038.....Di 12.700.000.000 è= 10,1038.
Questo si chiama Logaritmo in base 10. Se ricordo bene, di Briggs.

Per la maggior parte dei calcoli scientifici, però, si usa un altro logaritmo, chiamato Logaritmo naturale, od iperbolico.
Questo perché rende molto più semplici tanti calcoli che coinvolgono funzioni crescenti o decrescenti in modo geometrico... lascia perdere, ci sevono di più, punto e basta.
Qual è la differenza fra questi (chiamati "ln") dai primi (chiamati "log")?
Praticamente pochissima: hanno di diverso solo LA BASE. Non più 10, ma "e".
Questa "e" è un numero particolare, poi ti dirò come si ricava. Comunque vale 2,7182818.......
Quindi il logaritmo di 100 in base 10 vale 2, in base "e" vale 4,60517...
E lo trovi sulle tavole (ormai un cimelio) o sulla solita calcolatrice, schiacciando il tasto "ln" anziché "log". Tutto qui!

Dopo la breve risposta, riprende...

In città consuma tanto, ma in autostrada...

Ora torniamo al nostro missile: La Vej vale 3000, la massa iniziale M1, quella finale M2.

La spinta rimane costante, e quindi l'accelerazione cresce.
Anziché stare a fare una infinita somma di "piccolissime" accelerazioni, la formula già detta ci permette di calcolare TUTTA l'accelerazione fornita, partendo con M1 e finendo con M2.
Non ti devi stupire che il missile possa viaggiare più veloce del gas eiettato.
Pensa, per esempio, quando viaggia a 4000: anche il suo carico viaggia a 4000. Viene sparato indietro, ed il razzo rincula "in avanti".Essendo nel vuoto, E' LUI il sistema di riferimento.
E' come se fosse fermo, dopo la sparata il gas viaggerà a 4000-3000=1000, (rispetto alla Terra, od a chi cavolo vuoi) ed il razzo verrà spinto in avanti, accelerando un po'.

Fai mente locale: se viaggi su un treno velocissimo, dentro uno scompartimento, e lanci qualcosa DENTRO IL VAGONE contro od in favore al senso di marcia, il rinculo che avverti è sempre lo stesso, indipendentemente dalla velocità del vagone e dal senso del lancio.

Torniamo al missile: comincia la spinta con M1, quindi avrà accelerazione a1.

Finisce con M2, avrà accelerazione a2.

Facciamo l'ipotesi che parta 100, e finisca 10:

M1/M2=10. Finisce 10 volte più leggero di come ha cominciato.

Δ naturalmente si legge delta, perciò:

ΔV=Vej x ln (M1/M2)= 3000x ln (10)=3000x2,3025 =6908 m/sec.

Questa è la velocità finale.

Se però vogliamo riaccendere i motori, a parità di spinta l'accelerazione sarà 10 volte maggiore di quella iniziale nel caso precedente, dato che il tutto pesa 10 volte meno.

Anche quella finale sarà 10 volte maggiore, visto che il peso finale è 10 volte meno. Allora anche la differenza di velocità?

NO, perché il consumo E' 10 VOLTE MENO!

Il primo da 100 a 10, il secondo da 10 a 1.

Però 100/10 = 10/1. ln 100/10= ln 10/1, no?

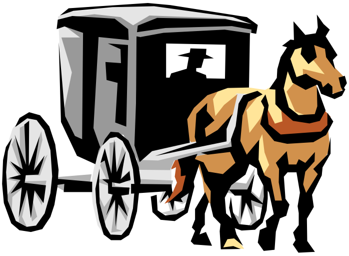
Sempre di logaritmo di 10 parliamo, = 2,302, che x 3000 = 6908m/sec. Quindi, dopo la seconda spinta, la velocità sarà:

6908+6908 =13816m/sec.

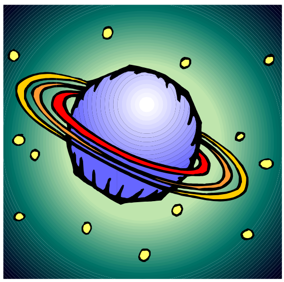
Riprova: M1=100. M2=1 V=Vej x ln 100= 3000x 4,605= 13816m/sec. Olè! Mangia questo, che poi ci risentiamo. Pietro

Alcuni giorni dopo mi accorgo che fa sul serio…

Signori in carrozza!



A questo punto immaginiamo un bel razzo gigantesco, in orbita a 430 Km d'altezza.
Posto R terrestre=6370, avremo R=6800.
La Vcirc al suolo (ammesso che fosse possibile) sarebbe 7,920Km/sec e la Vfuga=11,200Km/sec.
A 430Km dal suolo (ambedue decrescono regolarmente con la radice di R) varranno rispettivamente Vc=7,665 e Vfuga=10,840Km/sec. L'energia di legame vale quindi -117,50.
Per metterlo assieme, come la stazione spaziale, occorrono diversi viaggi: un razzo così non potrebbe decollare da Terra, alla partenza sarebbe troppo grosso. Ma in un po' di viaggi....
Accendiamo i razzi per un breve tempo, in modo da fornire una V residua lontano dalla Terra di 2,926 (E=8,56). Poi vedremo perché.
La sua energia cinetica alla partenza dovrà quindi essere Ec=8,56+117,50=126,06, caratteristici di V=11,227.
Poiché era in orbita con V= 7,665 la variazione deve essere 3,562.
Sarà quindi ln M1/M2=Delta/Vejez= 3,562/3,000=ln1,187.
Quindi "e" elevato a 1,187= 3,277.
Per cui circa un terzo del "mostro" iniziale viaggia libero nello spazio, con V residua rispetto alla Terra V=2,926Km/sec.
Se alla partenza erano 1000 tonnellate (bum!) ora saranno 308 tonn. Con questa velocità (+29,8 della Terra attorno al Sole)= 32,726 sarà V/Vcirc=1,098.



Descriverà un'orbita ellittica (le formule non te le scrivo più, da qualche parte le hai già) con e=0,206, e quindi l'afelio sarà a 1,52!
Non ti dice niente questo?.... Proprio così, stiamo andando su Marte! Signori, in carrozza!
Per non complicare troppo le cose, immaginiamo l'orbita di Marte circolare, come immaginiamo circolare quella della Terra. Non lo

sono, specie quella di Marte, ma non ci stiamo neanche andando veramente, per cui...

Allora, siamo in orbita attorno al Sole. Vper=32,726 e Vafelio=21,530. Tempo= 258 giorni circa (poco più di otto mesi e mezzo, che barba!)

Tangente all'orbita di Marte, un po' più lento, viene "raggiunto" a 24,171-21,530= 2,641Km/sec.

In pratica cadiamo verso Marte a questa velocità, e saremo accelerati dal suo campo gravitazionale che, per fortuna, è molto più debole di quello terrestre.

Ora, nella situazione più semplice, dovremmo arrivare a 50 Km d'altezza, con un'orbita tangente, dare una bella rallentata accendendo i razzi e piazzarci in orbita a questa altezza.

Non faremo così, e poi vedremo perché.

A 50Km d'altezza la Vfuga da Marte vale circa 4,963 (Etot= -24,63)

Noi siamo entrati nel campo gravitazionale di Marte con E=6,975 (V=2,641).

Al periastro avremo Ec=31,605 e V=5,622Km/sec.

La Vc sarebbe di 3,509. Dovremo quindi rallentare di 2,113.

Alla prossima puntata vedremo perché è più conveniente agire diversamente.

Attorno a Marte

Per un rallentamento del genere, usando la formula inversa dell'accelerazione (M1/M2=e elevato a $\Delta V/Vej$=2,022) dobbiamo consumare circa il 50,5% della massa iniziale.

Eravamo arrivato nei pressi di Marte con M=308 T, che verranno ridotte a circa 152. Appare subito evidente che ogni accelerazione o decelerazione riduce drasticamente la massa. Il razzo, in pratica, è quasi tutto propellente!

Ora, per tornare sulla Terra dovremo riaccelerare e rirallentare.

Oltretutto dovremo restare in "zona Marte" per diversi mesi, perché per tornare bisogna che i due pianeti siano nella posizione adatta. (Non servirebbe tornare in un punto dell'orbita della Terra se contemporaneamente la Terra non ci fosse, no?)

Dato che la missione proprio sul suolo non è che possa durare mesi (portare al suolo un carico di viveri importante senza farlo sfracellare non è per niente facile!) possiamo restare in orbita senza affanno. Allora?

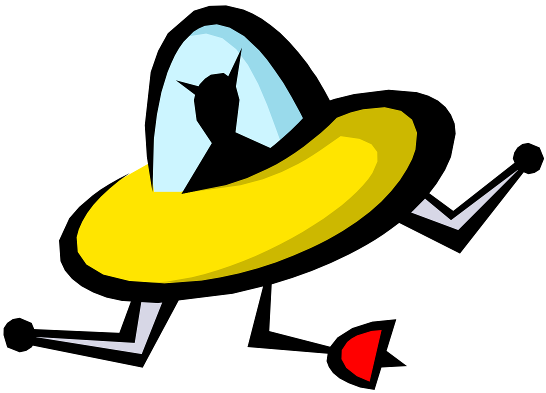
Bene, immaginiamo di fare il primo avvicinamento a Marte, per esempio, un po' più addentro l'atmosfera, che è comunque molto rarefatta, per esempio a 20 Km di altezza., e di rallentare non alla Vcirc, ma solo di 1 Km/sec, da 5,622 a 4,622, ben di meno della velocità di fuga. Il consumo sarebbe molto meno, solo fino a 221 tonn.

Saremmo però inseriti su un'orbita decisamente ellittica, che ad ogni passaggio al periastro entrerebbe nell'atmosfera di Marte.

Ad ogni passaggio, un piccolo rallentamento per attrito, poca roba, ma uno oggi, uno domani, col tempo l'orbita tende a circolarizzarsi.

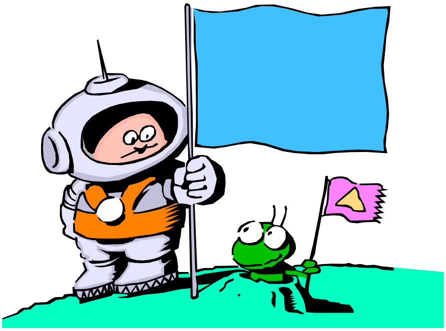
Con una piccola correzione al momento adatto, (in un secondo momento possiamo studiare anche questo) si può inserire la sonda in orbita circolare praticamente quasi senza ulteriore consumo di propellente. Un bel risparmio!

Bene! Eccoci in orbita attorno a Marte, con poco meno di 220 tonn. di astronave. Guardiamoci in giro, prendiamo le misure, studiamo il da farsi, prepariamoci a scendere al suolo.

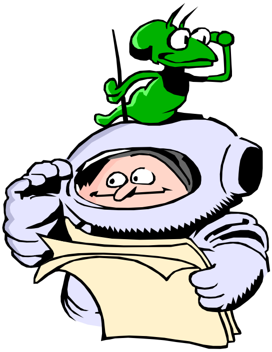


Voglio tornare a casa!!!

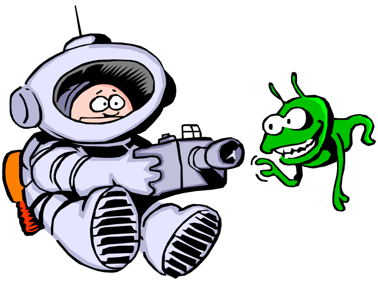
Discesa su Marte



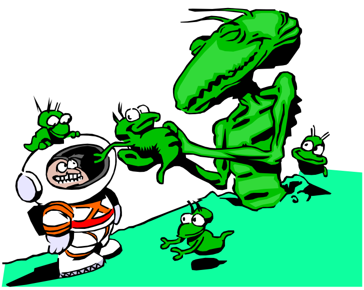
Naturalmente non tutta l'astronave deve scendere su Marte.
Qui entra in gioco che tipo di missione vogliamo fare, cosa vogliamo vedere, se solo piantare la bandiera e due foto ricordo, oppure anche rilievi scientifici, (il che è più probabile).



Senza entrare nel merito, pensiamo a mandare giù un piccolo modulo, tipo il LEM che scese sulla Luna, con un paio di persone sopra.
Il solo rallentamento da 3,5 a zero richiederebbe di arrivare al suolo con circa il 30% della massa iniziale del modulo di discesa.



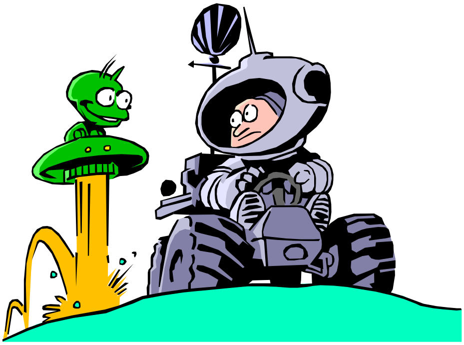
C'è un però. Durante la discesa effettiva, quando la sonda comincia a scendere verso il suolo, non basta "rallentarla", occorre anche contrastare la forza di gravità di Marte che tende ad accelerarla.
E questo per tutto il tempo che dura l'atterraggio (ammartaggio, che parola orribile).



Questo è il motivo che ci spinge a ridurre il più possibile questo tempo, quindi a decelerazioni il più brutali possibile.
Facendoci aiutare il più possibile dalla resistenza aerodinamica dell'atmosfera marziana, che a bassa quota può dare un contributo notevole.

Nessun contribuito ci darà, invece, nella successiva partenza dal suolo per arrivare di nuovo in orbita.

In questo caso, anche se non tutto il modulo ripartirà (la parte superflua sarà logicamente lasciata sulla superficie di Marte), dovremo mettere in conto che meno del 30% di ciò che ripartirà potrà tornare in orbita.



La "perdita di velocità" nella fase di accelerazione dal suolo, dovuta al tempo per il quale il campo gravitazionale contrasterà l'inserimento in orbita, dovrebbe esser dell'ordine dei 300 m/sec (un centinaio di secondi per 3,76 m/sec quadrato).

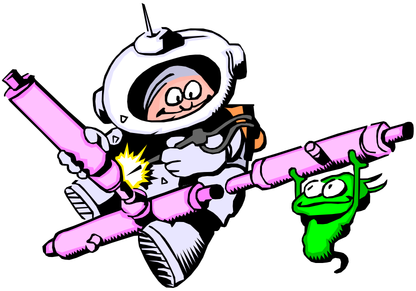
Il Delta (ΔV) complessivo sarà quindi di circa 3,8, che dà un netto in orbita =circa 28% della massa partita dal suolo.

Finita la missione "piede umano su suolo marziano" siamo di nuovo in orbita, in attesa di ripartire verso la Terra. Quando le configurazioni orbitali dei due pianeti lo consentiranno, potremo ripartire.

Dovremo inserirci su un'orbita perfettamente simmetrica a quella di andata, e dato che l'atmosfera in questo caso non ci può aiutare, dovremo PROPRIO accelerare di 2,113 per abbandonare Marte con V=ecc. ecc., solo in senso inverso al caso precedente. Il calo dovuto al consumo sarà quindi del 50.5%.

Ammesso che discesa, risalita, consumi vari e strumenti lasciati si portino via un centinaio di tonnellate, ripartiremo con 120tonn, e saremo in viaggio di ritorno (altri 8 mesi) con circa 59 tonn.

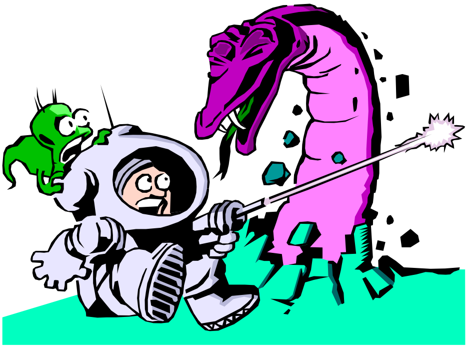
Non molto, ma abbastanza per viverci in maniera abbastanza sopportabile.



La prossima puntata ci occuperemo del rientro a Terra.

La paura fa novanta

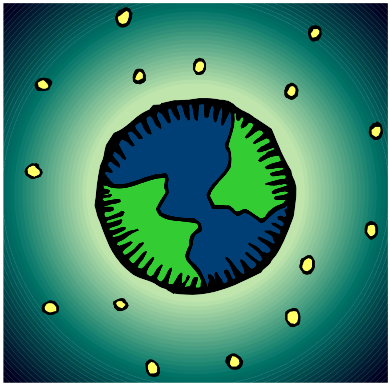
Ciao Pietro, da troppo tempo non ho notizie. Voglio tornare sulla Terra!!!
Mi hanno detto che sta cominciando un'altra primavera.
Otto mesi di viaggio sono lunghi. Ormai sono abituato alle code di Genova. A tarda notte, ma a casa!!!
Fa' in modo che io possa tornare per la prossima primavera. al ritorno non vorrei avere a che fare con due Pietro il grande. Non resisterei. Organizzami un celere ritorno. Te ne sarò grato per tutta la vita.
Un affettuoso abbraccio dalla lontana missione, tuo Ugo



Il rientro

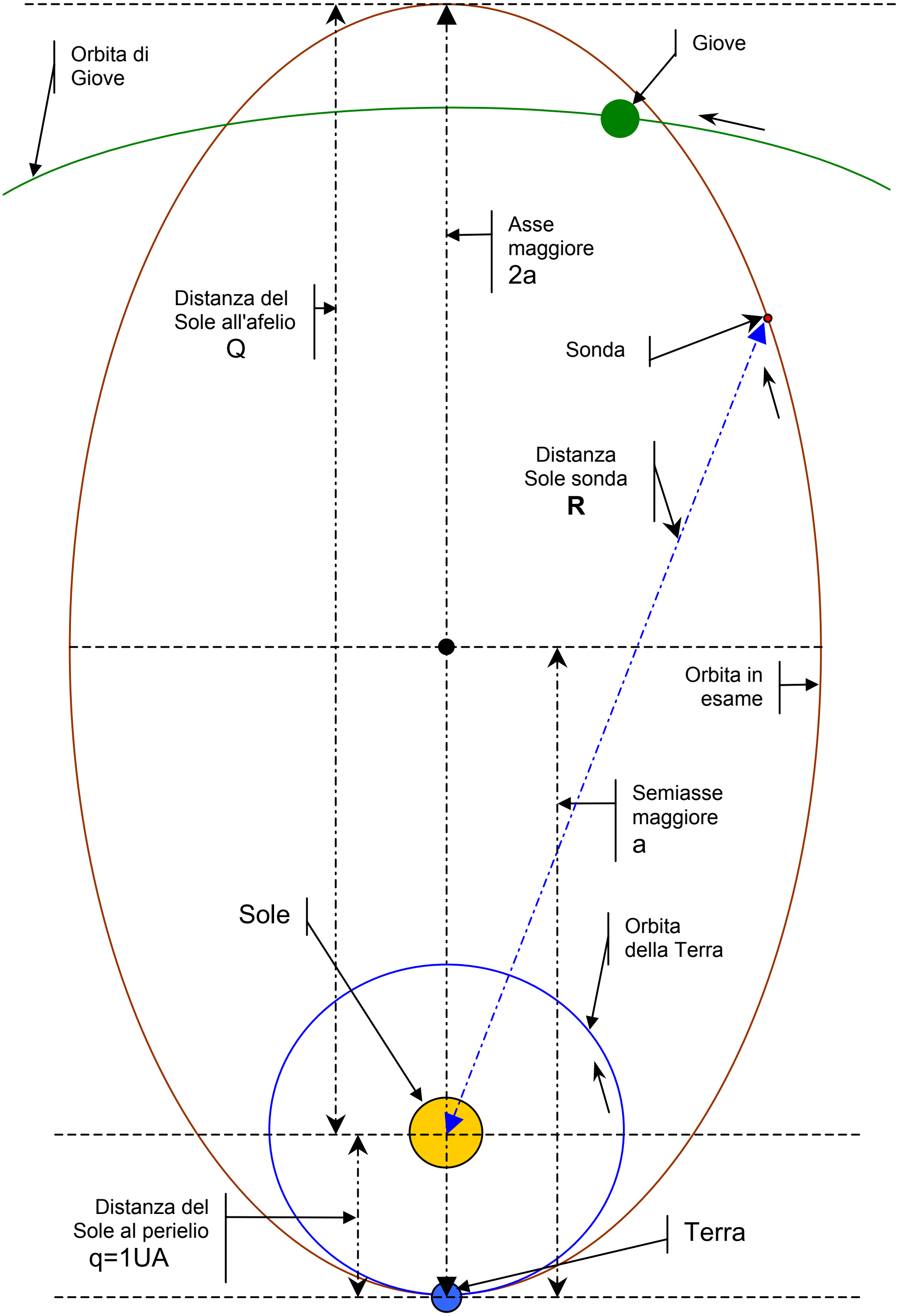
Il rientro a Terra, dopo oltre otto mesi di viaggio, non è più un problema di meccanica celeste, è un problema tecnologico. Certo si potrebbe prevedere un drastico frenamento coi razzi, per esempio riducendo la massa alla metà, nel momento del massimo avvicinamento a Terra, ci si potrebbe inserire su un’orbita ellittica, dove poi ricevere, da un satellite appositamente lanciato, un rifornimento per un ulteriore rallentamento, oppure un trasbordo dell’equipaggio su una navicella di rientro.
Una cosa di questo genere, però, ci avrebbe costretto a portare avanti ed indietro metà della massa finale sotto forma di propellente.

Ma forse se la tecnologia ci ha permesso di imbastire un viaggio così lungo e complesso, è anche in grado di permetterci un rientro, casomai in due o tre fasi, nell'atmosfera, ed il ritorno a terra con uno o più giganteschi paracadute.



Problema di altissima tecnologia, far entrare a quarantamila chilometri l'ora una cinquantina di tonnellate di navicella in atmosfera....
Oppure abbandonare il tutto per far rientrare solo il minimo indispensabile, che probabilmente è la soluzione migliore...
Chissà, per allora probabilmente sarebbe alla nostra portata farlo in maniera non pericolosa, ma comunque ormai siamo a casa, in qualche modo rientreremo (speriamo non come l'ultimo Shuttle, ci mancherebbe).

Festeggiamenti, discorsi retorici, conferenze, interviste, ecc. Per le rocce di Marte, vendita clandestina (un tempo celate nei cartocci sulle piazzole degli autogrill, oggi via Internet).
Finalmente, carriera politica o spot sui formaggini.
Tutto è bene quel che finisce bene.
Ora goditi un meritato riposo. Ciao, Pietro


Orbita di Giove
Giove
Asse maggiore 2a
Distanza del Sole all'afelio Q
Sonda
Distanza Sole sonda R
Orbita in esame
Semiasse maggiore a
Sole
Orbita della Terra
Distanza del Sole al perielio q=1UA
Terra

Indice