



INTRODUZIONE AL RAZZOMODELLISMO

The British Interplanetary Society
Sezione Italiana
Ed. 1.1



In collaborazione con:



Nel mondo professionale esistono gli specialisti, che conoscono una materia a fondo e poco si interessano degli ambiti collaterali, ed i sistemisti, che conoscono diverse materie in modo meno approfondito, ma sanno apprezzare le relazioni tra una materia e l'altra. Si dice che gli specialisti hanno una visione verticale di un problema, andando in profondità, mentre i sistemisti ce l'hanno orizzontale, spaziando in più direzioni.

L'*hobby* del razzomodellismo può essere affrontato in entrambi i modi: può essere una passione fine a se stessa (per lo specialista) oppure essere un mezzo per raggiungere altri scopi (sistemista). In entrambi i casi si impara a lavorare, sia con la testa, sia con le mani e si è responsabili del risultato. Non sono richieste abilità particolari (come nel caso dell'aeromodellismo, che vuole anche destrezza nel pilotaggio), ma sono necessarie pazienza, conoscenza e cautela.

Per questo motivo riteniamo che il razzomodellismo possa essere un'ottima introduzione sia ad altri *hobbies*, che a quel tipo di professionalità sempre richiesta nel mondo del lavoro.

Ovviamente il razzomodellismo è anche un'introduzione all'astronautica e all'esplorazione dello spazio, ma di solito non è per questo che l'appassionato ci si dedica. Lo si fa più spesso per la sfida che è insita nel problema. È come scalare una montagna: anche se altri lo hanno già fatto lo devi fare pure tu, per il semplice fatto che la montagna esiste. Lo stesso si applica a qualunque sfida ingegneristica: non basta leggerne o parlarne, la si deve affrontare in pratica e, nel procedere, sia imparare quello che non è scritto sia conoscere meglio se stessi.

Questo manualetto, ispirato da varie pubblicazioni e dall'esperienza pratica, vuole perciò essere un punto di partenza non solo per affrontare il razzomodellismo, un *hobby* interessante, economico e interdisciplinare, ma anche per conoscere altre materie e acquisire una buona manualità nell'uso di attrezzi e materiali.

Ci auguriamo perciò che possa essere utile ai giovani, alle famiglie, agli insegnanti, agli appassionati in generale, per un avvio rapido verso nuovi interessi e nuovi orizzonti, alimentando l'immaginazione che porterà a nuove realtà.

ing. Fabrizio Bernardini

Fellow of the British Interplanetary Society

Hanno collaborato a questa edizione: Emanuele Moretti, Cristian Magnanti, Alessandro Menchinelli, Andrea Spinetti, Alessandro Tozzi, Davide Coco, Carlo Zammit, Simone Tibollo, Ginevra Bernardini e Sveva Stallone.

"Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem, sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales at in partes contrarias dirigi."

(Sir Isaac Newton)

RAZZOMODELLISMO

Introduzione

Si parla di razzi quando si parla di veicoli con propulsione a razzo, come quando si usa la parola *jet* per riferirsi ad un velivolo con propulsione a getto, invece che ad elica. In entrambi i casi la spinta è prodotta da un flusso di gas riscaldato che si espande molto velocemente, ma la differenza fondamentale è che un aereo utilizza per questo l'aria esterna (riscaldandola nel motore a getto), mentre il razzo si porta tutto l'occorrente per generare il gas, e dunque può funzionare anche nel vuoto dello spazio.

Il termine propulsione a razzo indica, dunque, quel tipo di propulsione a reazione che si ha quando il sistema propulsivo porta con sé tutti i propellenti e non necessita di sostanze esterne (come l'ossigeno dell'aria) per alimentare la reazione chimica che produce i gas che generano a loro volta la spinta (si parla di endoreattori). Per questo motivo la propulsione a razzo è sempre stata indicata come la chiave per l'accesso allo

spazio, anche se trova ovviamente applicazione in moltissimi altri settori.

Un poco di storia

Il primo uso documentato di razzi-freccia rudimentali, nel 1232, viene dalle cronache cinesi. Ovviamente era un'applicazione della polvere nera ideata sempre in Cina ed elemento essenziale dei primi fuochi d'artificio. I razzi arrivarono in Europa grazie ai commerci con la Cina ed il primo documentato utilizzo nel nostro continente del razzo come arma da guerra (è insito nella storia umana che molte grandi scoperte abbiano trovato prima un'applicazione militare, purtroppo) si ha dallo storico Ludovico Muratori che cita "rocchettate" usate, nel 1379, per distruggere una torre durante la battaglia di Chioggia tra le repubbliche marinare di Venezia e Genova.

Il termine "rocchetto", dalla forma dei cilindri affusolati usati per la filatura della lana, per identificare la nuova arma trovò subito ampia diffusione in tutte le lingue, tra cui l'inglese, dove divenne *rocket* il termine normalmente usato per designare i veicoli con propulsione a razzo. L'utilizzo come razzi incendiari si estese presto ovunque, sebbene gran parte dei libri citi come primo impiego militare quello fatto dal britannico Congreve ai primi dell'800, negando così secoli di applicazioni e soprattutto l'origine italiana del termine *rocket*.

Nascita del modellismo di razzi

Da sempre gli appassionati hanno esplorato la propulsione a razzo miscelando propellenti, dalla polvere nera convenzionale a combinazioni più complesse, oppure sperimentando con i propellenti liquidi. Un'attività decisamente pericolosa e da sconsigliare se non praticata con le opportune conoscenze e precauzioni.

Il vero razzomodellismo, inteso come attività amatoriale alla portata di tutti, è nato negli



anni 1950 con lo sviluppo, negli Stati Uniti, di un tipo di motore commerciale che non richiede di miscelare propellenti e che reca al suo interno tutti i componenti di un propulsore a razzo. Il concetto di motore "usa e getta" elimina completamente ogni pericolo e permette di concentrare l'attenzione sul veicolo che lo utilizza come propulsore, così come negli aeromodelli il motore (a combustione o elettrico) viene acquistato già pronto ed usato in diversi tipi di velivoli.

Il motore commerciale per razzomodellismo (descritto nel seguito) è un contenitore cilindrico di cartone (che isola dalle alte temperature di combustione) che racchiude sia il propellente che l'ugello. Il motore può essere maneggiato senza pericoli e l'accensione è elettrica, dunque eseguibile a distanza di sicurezza. Inoltre il motore contiene anche un meccanismo pirotecnico, una piccola carica esplosiva, che unita a una sostanza ritardante risolve il problema di come espellere l'ogiva ed estrarre il paracadute per un ritorno a terra controllato del veicolo. I motori commerciali di questo tipo esistono di varie dimensioni e le loro caratteristiche sono classificate e calibrate per ottenere dei risultati ripetibili, trasformando così l'esperimento occasionale in una scienza esatta.

Nel corso degli anni la passione del razzomodellismo si è diffusa ovunque, un po' meno nella nostra nazione e vengono regolarmente istituite competizioni locali, nazionali e internazionali seguite da migliaia di appassionati. Diversamente dall'aeromodellismo, dove il pilota controlla il modello durante il suo volo, il razzo, una volta avviato, svolge la sua missione in maniera indipendente, raggiungendo quote e velocità che nessun aeromodello può raggiungere. Sebbene il volo del razzo sia relativamente breve, la preparazione per un volo di successo richiede una buona dose di preparazione che richiede l'identificazione dell'obiettivo che si vuole ottenere, calcolando la traiettoria dalle prestazioni combinate di motore e modello, e tenendo



conto dei fattori ambientali (principalmente il vento).

Le operazioni di lancio di razzomodelli sono molto semplici, ma vengono eseguite secondo precise procedure, che assolvono al triplice scopo di eliminare gli errori, incrementare la sicurezza e di concentrare l'attenzione dei presenti sul momento della partenza, un evento molto rapido.

Un corretto volo del razzomodello richiede precisione nell'assemblaggio, conoscenze di dinamica per la stima delle prestazioni, basi di aerodinamica e di stabilità e un corretto atteggiamento durante le operazioni di lancio: questa combinazione è altamente educativa e presenta innumerevoli spunti per ogni scuola di ordine e grado. Questo stimola anche la divisione dei compiti e delle responsabilità tra più persone, rendendo l'attività più coinvolgente.

Aspetti didattici

La costruzione dei razzomodelli è una attività tutt'altro che banale: l'ideazione e la realizzazione del progetto contiene molteplici opportunità educative e formative sia dal punto di vista tecnico sia scientifico. Un aspetto particolarmente interessante è che si può affrontare l'apprendimento per gradi grazie anche alla disponibilità di modelli facili da assemblare e da utilizzare. Le opportunità

didattiche poi si ampliano con la possibilità di rendere ogni lancio un esperimento.

Le aree principali di interesse possono essere le seguenti:

- fisica del razzo, struttura del veicolo, e dinamica del volo;
- calcolo di prestazioni, anche a fronte di un obiettivo da conseguire;
- utilizzo di carichi utili e/o strumentazione elettronica.

I collegamenti alla didattica (per ogni scuola di ordine e grado) sono evidenti:

- Fisica: grandezze e principi base della fisica newtoniana (massa, velocità, accelerazione, attrazione terrestre, leggi della dinamica, spinta e lavoro) con un approccio sperimentale particolarmente adatto per le scuole primaria e secondaria; corpi a massa variabile, fisica dei fluidi e dei gas, resistenza aerodinamica.
- Chimica: reazioni chimiche che generano la spinta, composti chimici energetici, combustione e propellenti.
- Matematica: introduzione al concetto di modello matematico e utilizzo di modelli dai più semplici, ai più complessi, in base all'età dello studente; sono incluse la geometria e la trigonometria, con misure angolari per la stima della quota raggiunta.
- Tecniche pratiche: lavorazione di materiali di vario tipo e loro interazione; utilizzo di

colle, solventi e vernici; semplici circuiti elettrici fino all'utilizzo di moduli elettronici avanzati; misurazione, raccolta e gestione di dati di volo; utilizzo di programmi di simulazione.

Considerando invece anche il dominio delle applicazioni della propulsione a razzo si può estendere la didattica anche ad altre materie:

- Biologia: effetti dell'accelerazione durante un lancio con equipaggio o della microgravità una volta in orbita.
- Ambiente: uso di razzi sonda per lo studio dell'atmosfera e del clima, impiego dei satelliti immessi in orbita terrestre.
- Storia: dall'invenzione della polvere da sparo, ai primi impieghi dei razzi per uso militare (Italia), allo sviluppo dell'astronautica nel 1900, il ruolo della missilistica nella Seconda Guerra Mondiale e soprattutto durante la Guerra Fredda.
- Società: impatto sociale dovuto alla conquista della Luna negli anni '60, il ruolo dei razzi nell'immaginazione del ventesimo secolo.

Gli aspetti tecnologici comprendono diversi percorsi evolutivi che rendono questo tipo di attività particolarmente interdisciplinare:

- utilizzo di sistemi elettronici per misure in volo e per la localizzazione del razzo durante la discesa e l'atterraggio;
- attività di laboratorio avanzate per la



realizzazione di modelli di razzi innovativi.

- realizzazione di software per l'analisi dei voli e delle prestazioni;
- impiego di materiali sempre più sofisticati, e di tecniche costruttive sempre più professionali.

Realizzare modelli più grandi e complessi, permette anche di esplorare l'organizzazione delle attività in gruppi di lavoro e considerare aspetti di qualità, avvicinando sempre di più l'appassionato a quella cultura tecnica in cui il successo del risultato è dovuto dalla somma dei contributi di più collaboratori.

Chi si lancia in quest'avventura?

Il razzomodellismo è un *hobby* sicuro, in parte derivato dall'aeromodellismo, può esser praticato da chiunque abbia passione per il volo e per la realizzazione di veicoli funzionanti. Non ci sono limiti di età e si possono identificare tre livelli principali: il professionista, il modellista e l'amatore.

Il professionista è specializzato ed esperto, progetta, costruisce e sperimenta sia razzi sia motori, lavora con costi più elevati e condizioni operative particolari. Spesso progetta razzi per applicazioni pratiche

scientifiche e commerciali.

L'amatore, spesso senza la giusta esperienza, prepara da solo propellenti e motori per razzi di differenti dimensioni e materiali, anche metallici. Anche qui si tratta di attività complesse che richiedono particolari precauzioni, anche operative.

Il modellista, progetta, costruisce e fa volare piccoli modelli fatti di carta, plastica, legno di balsa ed altri materiali non metallici. Usa motori commerciali, senza doverli fabbricare, lancia i razzi con una centralina di accensione elettrica e recupera il razzo con il paracadute, per esser pronto al prossimo lancio. Gli basta solo un terreno libero da ostacoli per far decollare e recuperare il razzomodello. I suoi modelli sono leggeri e resistenti: due fattori fondamentali per qualunque oggetto volante, che non escludono l'uso di materiali avanzati.

Sebbene i voli siano di corta durata, la preparazione e il coinvolgimento sono molto intensi e sono messe continuamente in gioco pazienza, precisione e voglia di imparare con grandi soddisfazioni e poca spesa. Questo breve manuale è destinato a tutti i futuri razzomodellisti: un hobby sicuro, educativo, adatto a tutte le età.

CODICE DI SICUREZZA

adottato da gran parte delle associazioni, dall'originale della NAR

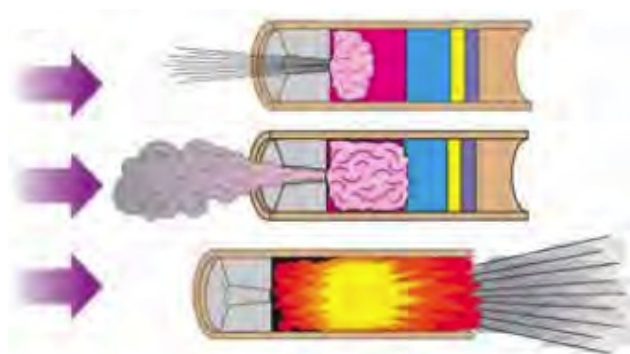
1. Userò solo **motori commerciali** che non richiedono da parte mia di dover maneggiare e mescolare reagenti chimici.
2. Costruirò i miei modelli in carta, legno, plastica, e altri **materiali non metallici**.
3. Userò sempre un **dispositivo di recupero**, affinché i miei modelli tornino a terra in condizioni tali da poter volare più volte.
4. I miei modelli peseranno **meno di 500 g** e conterranno nel motore meno di 100 g di propellente.
5. I miei modelli **non conterranno testate esplosive**.
6. Farò volare i miei modelli all'**aria aperta**, lontano da costruzioni e linee elettriche.
7. Proverò la **stabilità** dei miei modelli prima di farli volare, in modo da poter prevedere la loro linea di volo.
8. Farò uso di un **dispositivo elettrico** che mi consenta di accendere il motore operando da lontano.
9. Farò uso di un dispositivo di lancio inclinato **non più di 30 gradi** dalla verticale.
10. I miei modelli non funzioneranno **mai per colpire bersagli**.
11. Farò volare i miei modelli solo in condizioni di **tempo buono**.
12. Sono consapevole che i miei modelli non devono costituire un pericolo per tutti gli altri corpi con i quali spartiscono lo **spazio aereo**.

PROGETTO DEL RAZZOMODELLO

Anatomia del motore

Dopo l'invenzione del motore per razzi usa e getta, commerciale, l'Associazione Americana di Razzomodellismo ha provveduto a standardizzarli uniformando dimensioni e potenza, in modo da mettere ordine in tutta la materia: si va dalla serie 1/2 A, alla serie F (cui appartengono i motori più potenti per i razzomodelli convenzionali), e poi dalla G alla O (per i modelli amatoriali ad alte prestazioni).

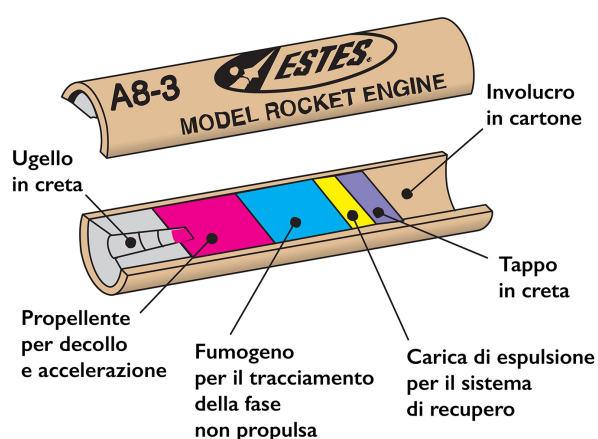
Il motore standard risolve una serie di problemi in maniera particolarmente ingegnosa usando materiali poco costosi per giunta anche eco-compatibili. Innanzitutto esso contiene il propellente primario, una miscela accuratamente studiata, stabile in un vasto campo di temperature e insensibile agli urti. L'ugello, che ottimizza le caratteristiche di spinta è già montato e assolutamente affidabile. Il contenitore del motore è realizzato in cartone, un ottimo isolante termico. In aggiunta a questi componenti fondamentali per la propulsione a razzo troviamo anche una carica ritardante che bruciando lentamente produce molto fumo facilitando il tracciamento quando ad alta quota. La carica è detta ritardante perchè ritarda l'attivazione di una piccola carica esplosiva che produce un picco di pressione all'interno del corpo cavo del modello che può essere usato per espellere l'ogiva ed estrarre il paracadute, risolvendo così anche un altro importante ostacolo di



progetto. Considerando il costo dei motori, particolarmente basso soprattutto per i motori delle serie A e B e la completa sicurezza nel loro utilizzo, è facile capire come la loro ideazione abbia provocato una diffusione incredibile di questo hobby, dagli anni 1950 ad oggi.

Una volta avvenuta l'accensione, effettuata non con una "miccia", ma con un accenditore elettrico comandato a distanza, tutto è automatico e in sequenza: prima la fase di spinta, poi il volo per inerzia fino all'apogeo della traiettoria mentre brucia la carica di ritardo e infine l'attivazione della carica di recupero che inizia la fase di discesa con il paracadute. Si noti che esistono motori con ritardo nullo per la realizzazione di razzi multi-stadio: in questi l'esplosione della carica di espulsione provoca l'accensione dello stadio successivo (un'altro aspetto ingegnoso).

La sigla del motore (es. B6-4) dichiara nell'ordine: l'impulso totale fornito dal motore (B), la spinta media in Newtons (6), e la durata in secondi del ritardo tra il termine della spinta e l'attivazione della carica di espulsione (4).



Class	Total Impulse (N·s)
A	1.26-2.50
B	2.50-5.00
C	5.00-10.0
D	10.0-20.0
E	20.0-40.0
F	40.0-80.0

Anatomia del razzo

I componenti principali di un razzo modello sono riepilogati in figura, che rappresenta in forma stilizzata la configurazione generale, ma non certo le innumerevoli variazioni di forma e aspetto che i razzi possono assumere. Le soluzioni tecniche proposte possono altresì variare, aprendo strade da esplorare sia praticamente sia teoricamente.

Il corpo del razzo è realizzato di solito in cartoncino sottile, ma rigido. Una o due guide cilindriche sono anch'esse incollate al corpo per permettere l'utilizzo di una rampa di lancio realizzata con un tondino di acciaio armonico. A dispetto di quanto possa sembrare, l'insieme sarà particolarmente robusto anche se al tempo stesso molto leggero: in questo hobby ogni singolo grammo di peso ha effetto sulle prestazioni.

Al corpo sono incollate le alette stabilizzatrici (indispensabili per il mantenimento dell'assetto) realizzate di solito in legno di balsa o in plastica leggera. La precisione del volo dipende in gran parte da queste alette.

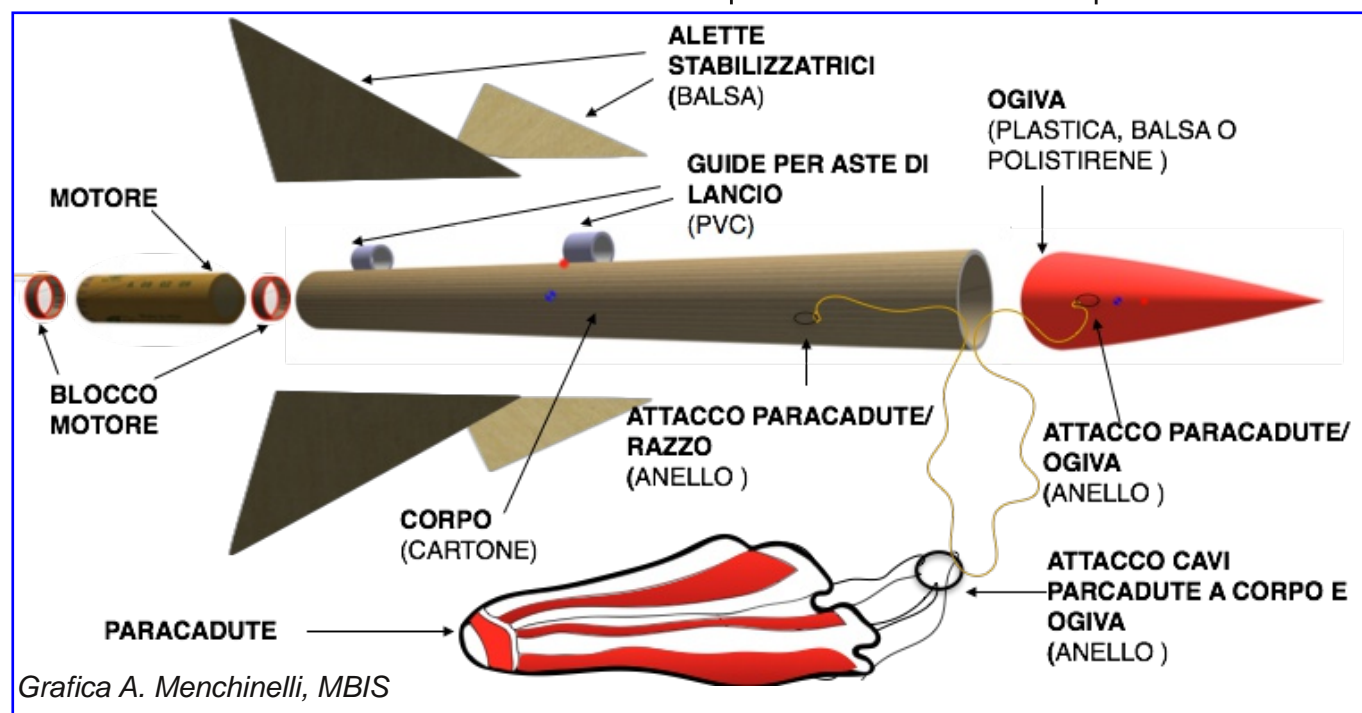
Il corpo del razzo contiene alla base il motore che deve essere fissato in modo solidato al corpo, lasciando però la possibilità di estrarre il motore a volo completato per poi inserirne uno nuovo. Ci

sono diverse soluzioni per questo, che di solito prevedono la realizzazione di un cosiddetto "castello motore" usando un cilindretto di cartone a misura del motore e degli anelli di cartone o balsa per fissarlo e centrarlo alla struttura interna del corpo.

Inserita nella parte opposta del corpo rispetto al motore troviamo un'ogiva che può essere sia appuntita che arrotondata, realizzata anche qui in balsa o plastica leggera. Nei razzi più potenti l'ogiva può ospitare un "carico utile" e in molte gare l'obiettivo è proprio quello di far volare un uovo e recuperarlo intatto. In altri casi l'ogiva può contenere dell'elettronica miniaturizzata in grado, per esempio, di registrare le prestazioni del razzo durante il volo, o magari di riprendere immagini.

L'ogiva è inserita nel corpo con una lieve pressione per consentirne facile separazione al momento dell'attivazione della carica di espulsione nel motore. Per questo motivo è collegata al corpo con una corda elastica.

Alla stessa corda, o all'ogiva, è anche collegato il sistema di recupero (di solito un paracadute) che viene estratto rapidamente sempre sotto l'azione della pressione che fa espellere l'ogiva dal corpo. Il paracadute deve essere protetto con un poco di tela o altro metodo, dalle scorie incandescenti prodotte dalla carica di espulsione.

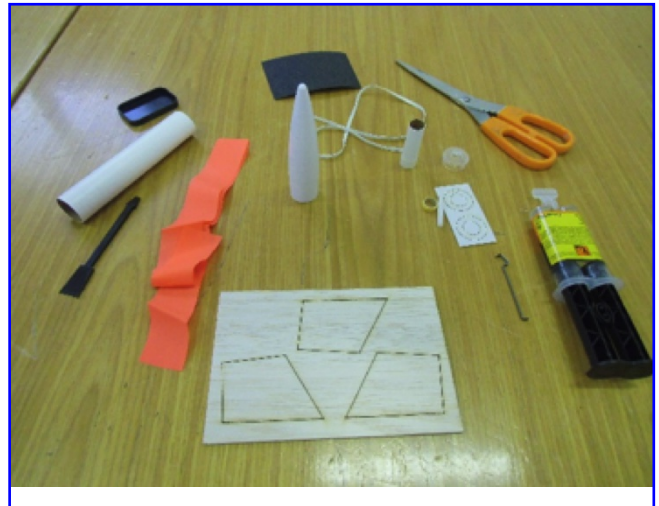


Laboratorio e utensili

Il razzomodellismo è un hobby che non richiede particolari attrezzature e che può essere intrapreso con un modestissimo investimento iniziale. Non si usano attrezzi pericolosi, se non un taglierino affilato, ed è dunque alla portata anche dei più giovani. Di norma occorre questo segue:

- un tavolo coperto con carta di giornale;
- un quaderno per appuntarsi passo passo quello che si sta facendo;
- taglierino, solitamente venduto con una serie completa di lame diverse e intercambiabili (es. X-Acto);
- carta vetrata fine di grana diversa per lisciare, sagomare e rifinire parti fatte con carta o legno (per levigare meglio superfici piane, come le ali, incollarla su un blocchetto di legno);
- un seghetto, con denti molto fitti;
- nastro adesivo trasparente, utile in tanti piccoli problemi sia durante la costruzione che dopo il volo (rapide riparazioni al modello, collegare i fili al paracadute di plastica o rimediare a piccoli errori, come aver tagliato un pezzo troppo piccolo);
- attrezzi da disegno e da misura, e magari anche un calibro;
- altri attrezzi generici, come forbici, pinzette, qualche cacciavite di piccole dimensioni, tronchesine, che possono sempre trovare impiego;
- pennelli di tutte le dimensioni e vernice per modellismo, o anche vernice a spruzzo in bomboletta (per rifinire il modello e renderlo anche più resistente all'usura).

Un discorso a parte meritano le colle. Si usano sia colle viniliche convenzionali per legno e carta, ma oggi si preferiscono le colle "alifatiche" (dette anche viniliche rapide) che sono a base di acqua ed asciugano in pochi minuti, senza odori sgradevoli (es. Pattex Legno Express, o simili). Agiscono per evaporazione del solvente (l'acqua) e quindi un ambiente caldo favorisce l'incollaggio. Raramente si



usano le colle cianoacriliche (istantanee, tipo SuperAttack) perchè non danno possibilità di correggere gli errori, ad esempio di allineamento, ma possono essere utili sul campo per riparazioni di emergenza.

Questa attrezzatura è sufficiente per realizzare la maggior parte dei *kit* commerciali ed anche per avventurarsi in modifiche e personalizzazioni.

Per i modelli più avanzati, o progettati *ex-novo* (senza usare dei *kit* dunque) è utile un trapano con un mandrino regolabile, che può anche essere trasformato in un piccolo tornio per ricavare dalla balsa parti rotonde come le ogive. Insieme a questo possono essere utile un martello, pinze a becco tondo e piatto, spilli, una piccola morsa, un saldatore a stagno. Quando si usano materiali particolari può essere opportuno usare anche colle bi-componente.

In conclusione, per chi inizia è sempre meglio avvicinarsi al razzomodellismo comprando una delle tante scatole di montaggio che contengono tutto quello che può servire per realizzare il modello. Di solito non ci vuole più di una mezza giornata per assemblare il tutto, un poco di più se lo si vuole rifinire per bene, lasciando alle vernici il tempo di asciugare. L'autocostruzione è il passo successivo e la fantasia del progettista dovrà fare i conti con le leggi della fisica, in una continua sfida per l'ingegno. Anche in questo caso si può partire da una scatola di montaggio, da migliorare, oppure ci si può ispirare ad un vero razzo per copiarne le forme e l'aspetto.

PROFILO DI VOLO

Fasi del volo

Dal momento del lancio al recupero il volo si svolge in 4 fasi.

Fase propulsiva, sotto l'azione del motore a razzo, è caratterizzata da un'accelerazione continua (di entità variabile) che termina con l'esaurimento della carica del propellente in pochi secondi. Il modello raggiunge la massima velocità.

Fase di deriva, nel quale il modello decelera per l'azione della gravità fino al raggiungimento dell'apogeo, il punto più alto della traiettoria.

Fase di discesa, che può essere in parte libera, accelerando rapidamente, oppure frenata da paracadute o altro sistema. Il vento esercita la sua massima azione durante questa fase.

Fase di atterraggio, parte finale della discesa fino al contatto con il suolo.

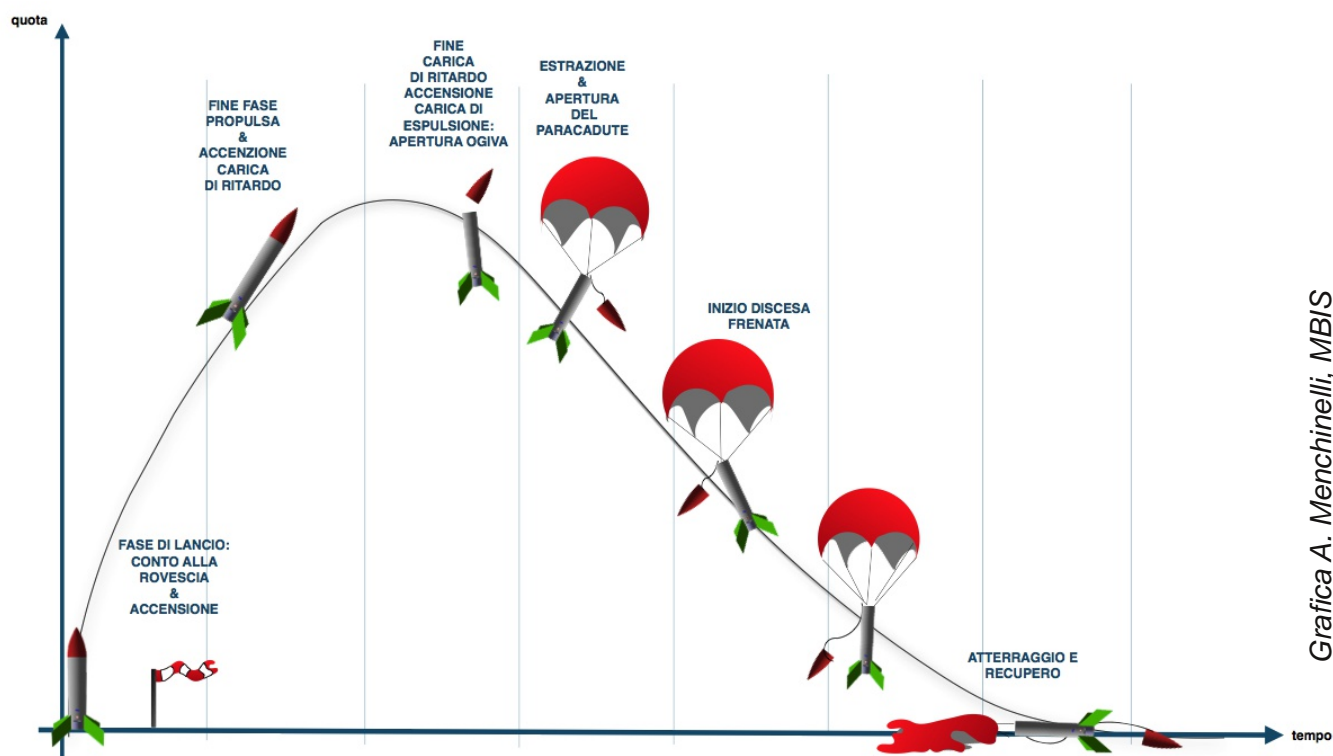
La durata e la dinamica delle quattro fasi sono governate dal peso del modello, il tipo di motore, e da fattori aerodinamici.

Prestazioni del motore

Uno degli obiettivi per una corretta scelta del motore è cercare di predire il ritardo necessario prima dell'azionamento della carica di separazione dell'ogiva. Se la separazione avviene troppo presto, si rischia di danneggiare il paracadute mentre il modello vola ancora ad alta velocità. Un valore di ritardo esagerato potrebbe non dare tempo al paracadute di dispiegarsi e di rallentare la caduta.

La spinta del motore condiziona ovviamente la massima quota raggiunta, ma anche la sua massima velocità. Mettere un motore troppo grande a un modello troppo piccolo potrebbe provocare danni strutturali al modello.

Si possono trovare facilmente programmi per simulare al computer le prestazioni del modello e dunque fare una corretta scelta del motore. In caso di necessità si usa anche zavorrare i razzi per ottenere un volo ideale con l'espulsione dell'ogiva poco dopo l'apogeo, oppure ritardandolo per ridurre gli effetti del vento sulla traiettoria.



PIATTAFORMA DI LANCIO

Un modello di razzo non può essere semplicemente messo in piedi sulle sue alette e lanciato, dal momento che il razzo richiede un flusso d'aria veloce che passi attorno alle alette per garantire la stabilità del volo. Il modello quindi deve essere guidato fino a che non proceda abbastanza veloce da consentire il funzionamento delle alette: la rampa, o piattaforma, di lancio fornisce questa guida iniziale.

La maggior parte dei razzomodelli sono guidati durante il lancio da un'asta di circa 3 mm di diametro e lunga 80/100 cm. Modelli più pesanti richiedono aste più spesse per garantire una migliore stabilità durante le fasi iniziali della corsa. Modelli particolarmente lunghi adottano sistemi di guida più rigidi che esulano dallo scopo di questo manuale.

Al lato del razzo sono applicati uno o due tubicini, detti guide di lancio. Questi tubicini scivolano facilmente lungo l'asta e mantengono il razzo puntato nella giusta direzione durante il lancio. Per i modelli di lunghezza inferiore ai 30 cm, una singola guida di lancio dovrebbe essere montata vicino al punto di equilibrio, il centro di gravità (o C.G.), del razzo stesso. Per i modelli più lunghi, si usano due guide situate verso le due estremità del corpo del razzo.

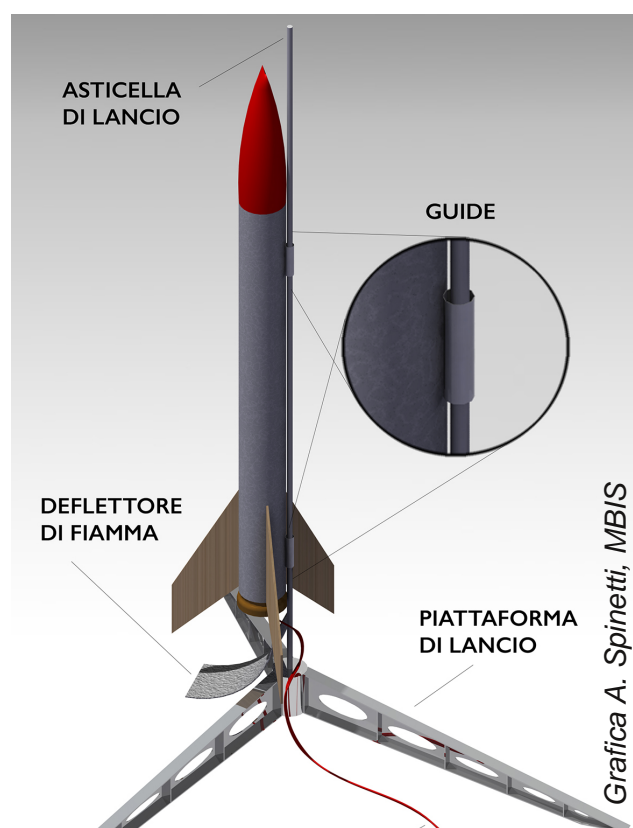
Una lastra di metallo, detta deflettore di fiamma, impedisce allo scarico del motore, una fiamma particolarmente intensa, di colpire il supporto della piattaforma di lancio o il terreno, ed è utile per prevenire danni o principi di incendio. La lastra deve essere inclinata (per esempio di 45 gradi) rispetto alla direzione della fiamma, e deve essere realizzata in latta o alluminio di sufficiente spessore per una buona rigidità.

Asta di lancio e deflettore di fiamma possono essere assemblati in un'unica struttura di legno o plastica o altro materiale. Questa struttura può essere dotata di piedi di appoggio al suolo, o più semplicemente

essere affrancata a un cavalletto. Mattoni o rocce possono essere utilizzati per tenere ferma la base soprattutto quando vengono lanciati modelli più grandi. Può essere utile che si possa inclinare il tutto (massimo una ventina di gradi) per lanci contro-vento.

La piattaforma di lancio comprende anche un minimo di connessioni elettriche per l'accensione del motore. Queste parti saranno fissate bene alla struttura e tenute lontane dal getto del motore. In particolare troviamo i due collegamenti all'accenditore che viene inserito nel motore. Questi collegamenti saranno soggetti a usura (soprattutto per via della fiamma dello scarico) e si dovrà prevedere che si possano sostituire con facilità.

È possibile trovare a poco costo piattaforme di lancio commerciali, comprendenti anche il circuito remoto per il comando di accensione del motore. L'autocostruzione della piattaforma è una valida alternativa che permette di espandere l'esperienza pratica, soprattutto se si tiene conto del riutilizzo che si farà della struttura nel corso degli anni.



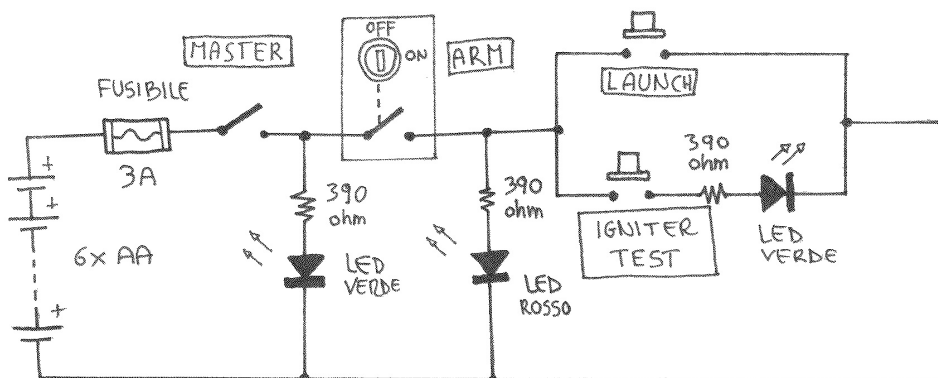
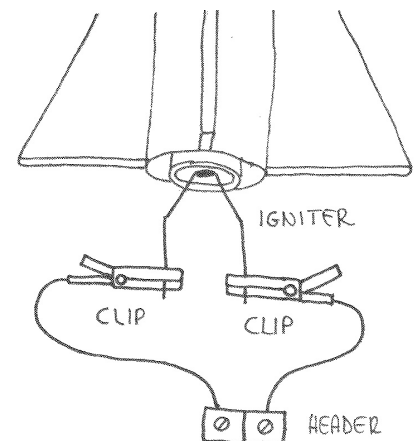
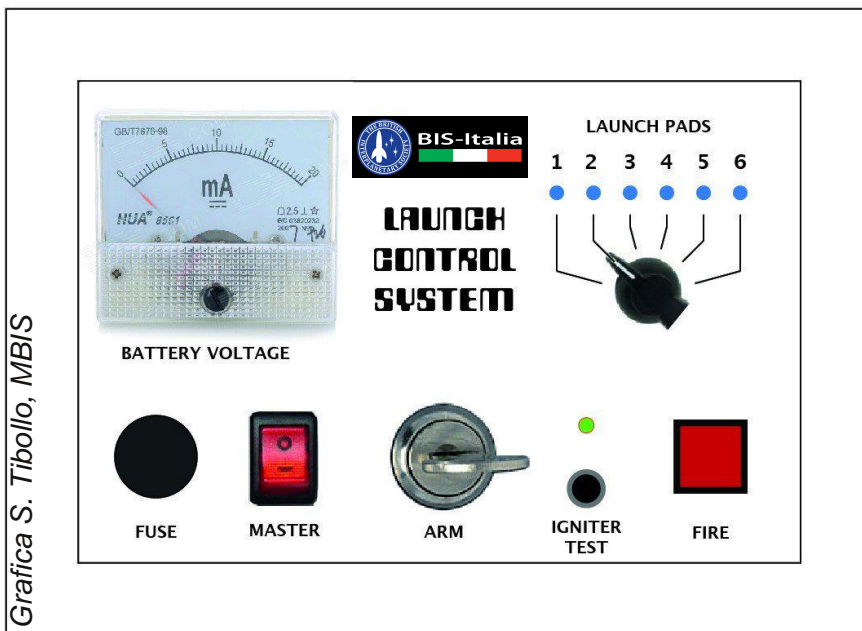
CENTRALINA DI LANCIO

Il propellente dei motori a razzo commerciali è molto stabile e richiede un'alta temperatura di accensione. Per far partire un razzo occorre dunque inserire nel motore un accenditore costituito da un filo con particolare proprietà termo-resistive (si scalda molto quando percorso da una corrente elettrica) e un poco di sostanza pirotecnica infiammabile che con lo scaldarsi del filo produce una brevissima fiammata, sufficiente ad avviare il motore.

È facile costruire una centralina di lancio, avendo l'accortezza di prevedere quei meccanismi di sicurezza che sembrano inutili ("tanto stiamo attenti"), ma che sono parte essenziale del razzomodellismo e dei quali non si può fare a meno.

In particolare la centralina deve prevedere la possibilità di verificare che il circuito di lancio, incluso l'accenditore, sia operativo e deve essere dotata di una chiave di sicurezza, per l'armamento, che quando rimossa garantisce che neanche per errore o guasto l'accenditore venga alimentato. Questa chiave sarà sempre nelle mani di chi opera vicino alla rampa di lancio, per essere sicuri che nessuno attivi il circuito per errore o per malizia.

Altri accessori sono secondari ed equivalgono a curare gli aspetti estetici e professionali dell'attività razzomodellistica. Nell'esempio, la centralina realizzata da BIS-Italia per le proprie attività pubbliche ed un progetto semplificato che si può realizzare in poche ore.



Grafica F. & G. Bernardini, FBIS

OPERAZIONI DI VOLO



Le operazioni di volo si dividono in quattro diverse fasi:

- preparazione al lancio
- preparazione del razzomodello
- lancio
- recupero

In ogni fase ci sono delle attività ben precise da svolgere con serietà e precisione. Può sembrare inutile, anche presuntuoso doverle eseguire, ma il successo del razzomodello deriva anche dall'accettare queste procedure come parte integrante dell'attività allo scopo di garantire la sicurezza di tutti e ridurre i danni al modello.

In generale è bene che tutte le operazioni pre-volo siano effettuate da una persona e siano poi verificate da un'altra. Molto spesso un altro paio d'occhi trova quello che può essere sfuggito per la fretta o per la stanchezza. Si chiama "controllo di qualità" ed è uno dei pilastri della moderna ingegneria.

Preparazione al lancio

Questa fase si effettua una sola volta prima di ogni campagna di lanci. È raro infatti che si esegua un solo lancio, di solito si raggruppano più appassionati per una giornata di sana competizione tecnologica,

interessante per tutte le età ed anche per gli spettatori.

L'area di lancio deve essere identificata come libera dagli ostacoli, tenendo conto anche del vento, il quale deve essere debole o del tutto assente. Il vento causa problemi non solo nel volo del razzomodello, ma soprattutto nel recupero, portandolo facilmente a grandi distanze dal luogo di lancio. Una regola generale per l'area di lancio, che ne lega la dimensione alla potenza dei motori usati è la seguente:

motori A	min 30 metri quadri
motori B	min 60 metri quadri
motori C	min 120 metri quadri
motori D	min 150 metri quadri

Ovviamente la zona per il recupero deve essere molto più ampia e dipende dalla quota raggiunta e dal vento. Gli ostacoli sono un problema per il recupero, e vanno considerati non solo alberi, tetti e pali, ma anche zone abitate, strade, ferrovie, industrie e così via.

In caso di evento pubblico è bene delimitare l'area di lancio con del nastro colorato. E' indispensabile, di solito, un megafono per avvisare tutti delle operazioni in corso.

Preparazione del razzomodello

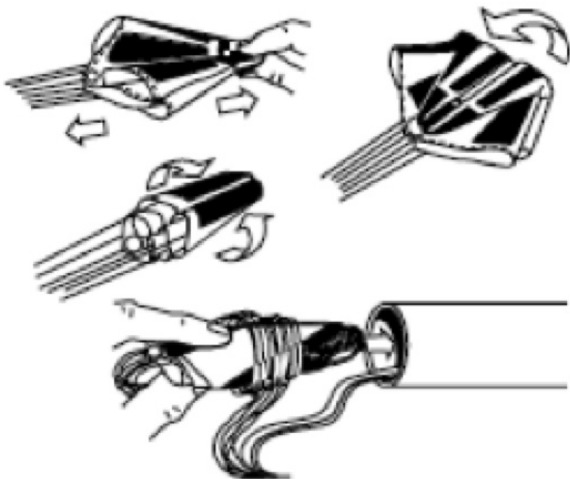
Il razzomodello deve essere verificato in ogni sua parte per assicurarsi che le alette e le guide siano ben salde, che l'ogiva scorra bene e che non ci siano danni evidenti.

Il paracadute deve essere protetto dal calore della carica di espulsione utilizzando un'imbottitura ignifuga, o almeno protettiva, che verrà inserita prima del paracadute nel razzo. Non utilizzare mai della normale carta preferendo materiali come lana o cotone. La carta normale continuerà a bruciare dopo l'espulsione e può creare incendi. Inserire sufficiente imbottitura nel tubo per riempirlo per una profondità di almeno due volte il



diametro del corpo, facendola adattare intorno a tutte le pareti del tubo per assicurare una buona tenuta, ma senza impedire lo "stappamento" dell'ogiva a seguito della carica di espulsione.

Per piegare il paracadute, tenerlo tra due dita nel suo centro e passare l'altra mano lungo esso per formare una forma appuntita. Inserire poi tutto sopra l'imbottitura e spingere il paracadute piegato, dopo aver inserito i suoi cavetti ed il cavo di ritenzione dell'ogiva, facendolo scorrere in posizione. Verificare più volte che possa liberamente scorrere fuori dal tubo senza intoppi. La tecnica di arrotolare i cavetti del paracadute intorno allo stesso ripiegato suscita sempre discussioni, provate a sperimentare cosa funziona meglio per voi.



Se il paracadute è rimasto nel modello per troppo tempo (di solito si raccomanda di non riporre i modelli con il paracadute ripiegato), ripetere le operazioni da capo prima del lancio. Spolverare il paracadute con borotalco, o polvere analoga, aiuterà ad aumentare le facilità di rilascio e dispiegamento: si tenga conto che molti lanci falliscono proprio per inceppamenti nell'estrazione del paracadute. È dunque molto importante che queste procedure siano ben eseguite durante i giorni freddi, perché le basse temperature rendono la plastica dei paracadute più economici meno flessibile.

Controllare l'inserimento dell'ogiva nel corpo del razzo: se è troppo stretto, controllare se il cavo di ritenzione, o i cavetti del paracadute, sono rimasti intrappolati tra l'ogiva ed il corpo del modello. Se la punta è ancora troppo stretta, levigare uno dei due con della carta abrasiva. Se invece è troppo lento, avvolgere del nastro sul cono per migliorare l'adesione. La punta deve separarsi facilmente, ma non deve cadere quando si capovolge il razzomodello.



Per ultimo deve essere installato il motore nell'apposito alloggiamento. Ci si deve assicurare che il motore sia ben tenuto e non sfugga dal corpo del modello. La carica esplosiva di separazione dell'ogiva deve creare una sovrappressione nella parte anteriore del modello e perciò il motore deve essere ragionevolmente "a tenuta" nel suo alloggiamento. Se troppo lasco, usare un giro di nastro per garantire una tenuta migliore. Questa tenuta non serve a mantenere il motore in posizione: per questo si deve sempre usare l'apposito fermaglio.

Lancio

Ora che il modello è pronto al lancio ricordiamo alcune regole fondamentali di sicurezza: non installare gli accenditori nel motore del razzo fino a che non si è pronti



per il lancio; non collegare un sistema di controllo di un accenditore installato in un motore a razzo a meno che il modello non sia su una rampa di lancio; non accendere mai il motore di un razzo al chiuso.

Usate delle forbici per separare gli accenditori (se collegati in striscia) lasciando le strisce di carta attaccate ai fili. Tenete l'ugello del motore in alto e quindi inserire l'accenditore nell'ugello. Per funzionare correttamente, la punta dell'accenditore deve toccare il propellente. Inserire il tappo di accensione (per fermare l'accenditore in posizione) fino in fondo all'ugello. Piegare le estremità dei fili dell'accenditore per facilitare la connessione ai contatti elettrici di accensione. In mancanza di un tappo, usare una pallina di materiale ignifugo inserita nell'ugello. Non usare nastro adesivo per fermare l'accenditore nell'ugello.

Prima di procedere assicurarsi che la chiave di sicurezza che alimenta la centralina di lancio sia stata tolta dal quadro e che il quadro sia spento. Verificare sempre più di una volta.

Porre il modello in posizione di lancio usando le apposite guide. Assicurarsi che lo scorrimento del modello lungo la guida



avvenga senza intoppi. Verificare di nuovo che l'ogiva sia in grado di essere espulsa con facilità.

Collegare i morsetti elettrici all'accenditore. Assicurarsi che l'accenditore sia rimasto in posizione corretta (ben inserito nel motore).

Allontanarsi dalla piattaforma di lancio. Avvisare tutti del lancio imminente. Inserire la chiave di lancio nel quadro di controllo. Controllando che l'area di lancio sia sgombra, verificare la continuità del circuito di accensione. In caso di verifica negativa, spegnere il quadro e togliere la chiave di lancio, prima di controllare tutti i collegamenti.

Se tutto è a posto, eseguire un conto alla rovescia e premere il pulsante di lancio. Il conto alla rovescia non è "una moda", ma un richiamo psicologico che concentra l'attenzione di tutti gli astanti verso un evento a elevata dinamica che deve essere seguito con attenzione.

Se l'accensione risulta negativa, isolare di nuovo il circuito di lancio, disarmandolo, prima di effettuare i controlli.

Recupero

Una volta lanciato seguire continuamente il modello verificando la sequenza di eventi che comprende sia il tracciamento con fumogeno che la separazione dell'ogiva.

Per determinare l'apogeo occorre rilevare da almeno due punti diversi l'angolo raggiunto in altezza (questo esce dallo scopo di questo manuale, ma introduce alle basi di trigonometria, anche se non richiede particolari conoscenze teoriche).

Dopo l'apertura del paracadute seguire la traiettoria di discesa continuamente per poter determinare il luogo di atterraggio. Non è necessario prendere il modello al volo, anzi è sconsigliato perché lo si potrebbe danneggiare. Si tenga anche conto che il motore può essere ancora molto caldo.



PASSI SUCCESSIVI

Dal semplice al complesso

I primi passi nel mondo del razzomodellismo sono guidati dall'entusiasmo iniziale. Per quanto i voli dei razzomodelli siano brevi, si ha la consapevolezza che una volta dato il comando di accensione si scatena una catena di rapidi eventi che avrà buon fine solo se la costruzione e la preparazione sono state fatte come si deve. Ogni lancio nasconde delle insidie, la sfida è prevederle e fare in modo che non avvengano. Come nella realtà, un lancio nel quale non avvengono sorprese è un ottimo lancio.

Dai modelli piccoli si passerà a quelli di dimensioni maggiori, usando motori più potenti, e magari aggiungendo strumentazione in grado di rilevare accelerazioni, velocità e altitudini (utili anche per calibrare prestazioni per i voli successivi). Oppure inserendo carichi utili che fanno qualcosa (fotografie, per esempio) o che devono essere riportati a terra intatti (un classico è un uovo).

Si potrà poi pensare ai razzi multi-stadio sapendo che la teoria dimostra che separando gli stadi alla massima velocità ottenuta con il primo stadio, si possono ottenere prestazioni eccezionali anche con solo un piccolo secondo stadio. La carica di separazione accenderà lo stadio successivo, ma poi bisognerà recuperare due parti del razzo, la seconda delle quali potrebbe essere difficile da localizzare. L'uso di un piccolo trasmettitore a bordo potrà essere una buona idea.

Un'altra opzione particolarmente avvincente è il ritorno veleggiato, magari con una configurazione variabile, con un paio di ali che vengono dispiegate al posto del paracadute. In un modello piccolo l'aerodinamica sarà calibrata per un rientro a spirale intorno al luogo di lancio. In uno grande si potrebbe pensare ad usare un radiocomando per un ritorno guidato.



Queste sono solo alcune delle possibilità e sia su Internet, che in diverse pubblicazioni, si possono trovare abbondanti ispirazioni.

Razzomodellismo avanzato

Esiste poi il dominio dei razzi ad alte prestazioni. I motori più potenti possono facilmente spingere razzi oltre la velocità del suono, ed in questo caso entrano in gioco importanti fattori inerenti la robustezza della struttura del razzo stesso, oppure a quote dell'ordine dei chilometri. In tal caso tutti gli aspetti descritti finora si complicano, ed i costi ovviamente aumentano. Inizialmente si può partecipare a progetti di altri prima di cimentarsi con una realizzazione propria.

Si potrà passare ai motori con struttura in alluminio, ugelli in grafite e propellente ricaricabile. Sempre sicuri, ma le cui prestazioni richiedono particolari cautele. Il futuro potrebbe riservare anche la strada dei propellenti alternativi. Esistono progetti di motori che usano propellenti sicuri, ma che richiedono serbatoi, valvole e camere di combustione realizzate appositamente (o acquistate). Il mondo del razzomodellismo è vasto ed interdisciplinare e riserva qualcosa di interessante per chiunque.

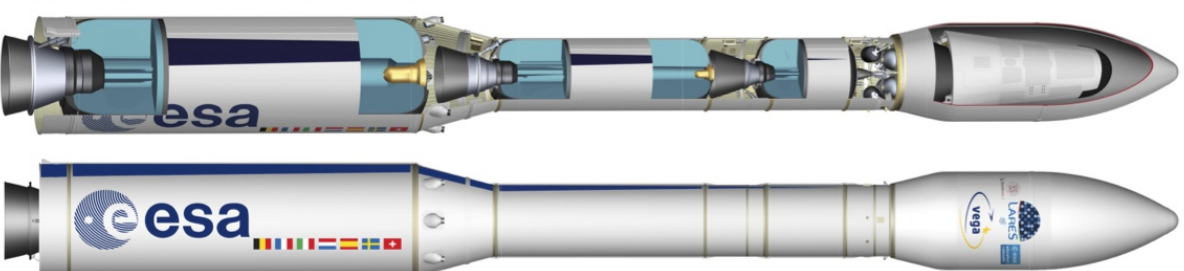
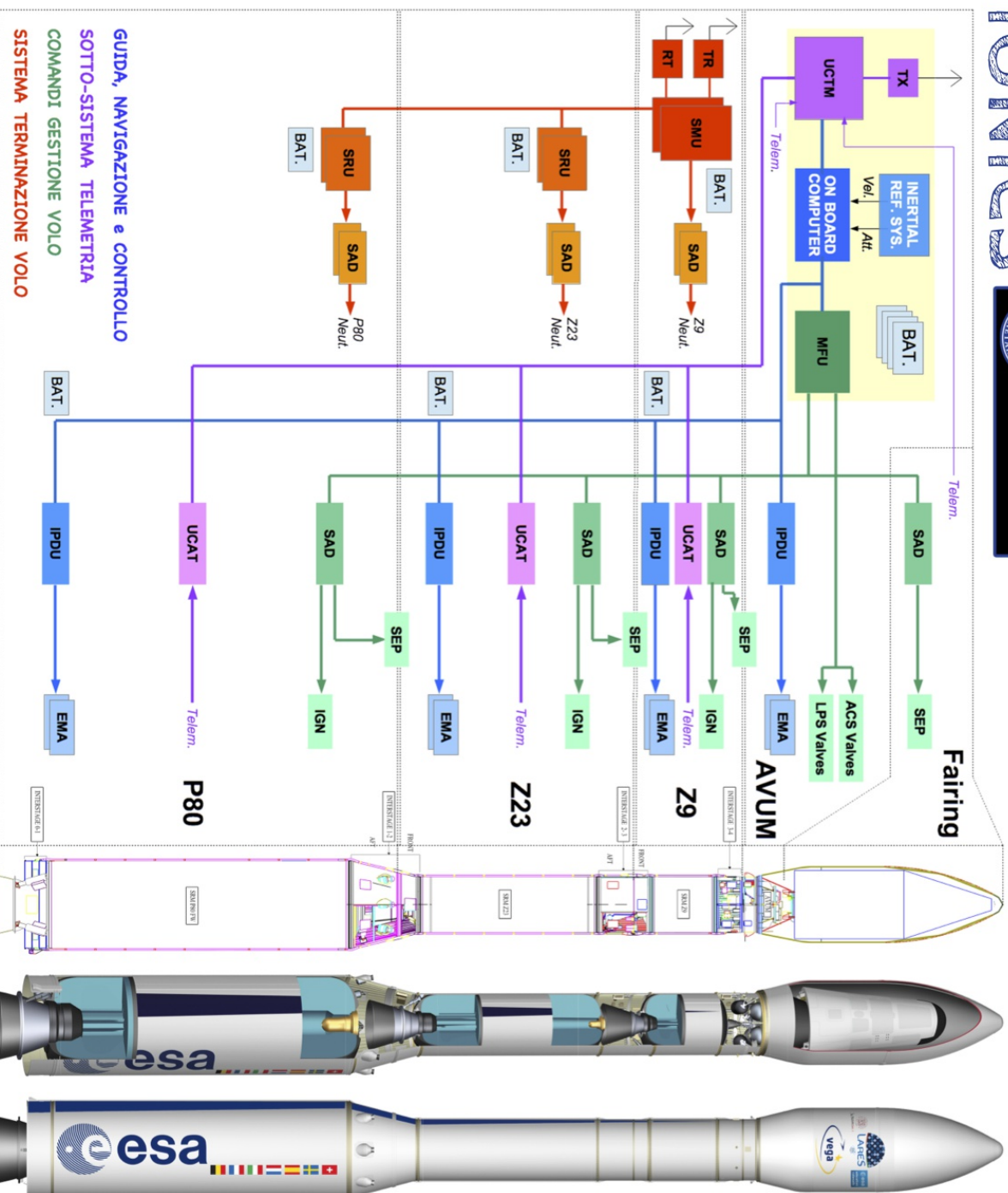
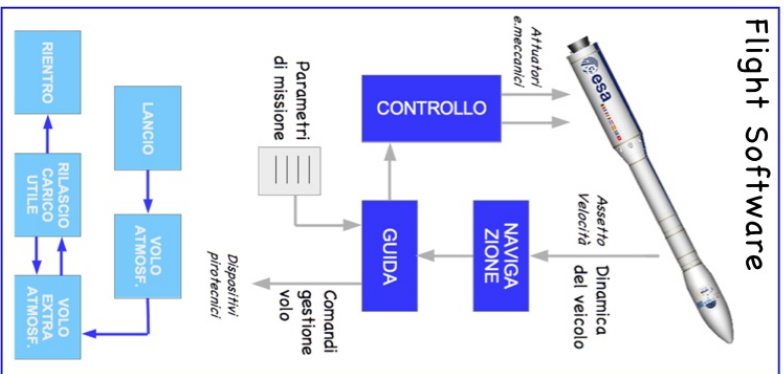
NOTE

IL LANCIATORE VEGA

VEGA AVIONICS SYSTEM



Credits: ESA, ELV SPA





BIS-Italia



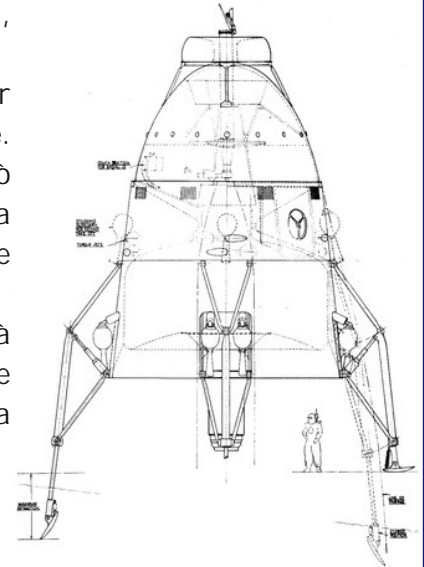
La British Interplanetary Society è la più antica associazione di astronautica al mondo. Fondata nel 1933 è membro fondatore della IAF, International Astro-nautical Federation, e tra le diverse pubblicazioni annovera anche JBIS, il prestigioso "journal" accademico. La BIS opera in

Italia attraverso la sua Sezione Italiana, BIS-Italia, stabilita nel 2012. Specializzatasi primariamente in attività educative di ogni tipo, BIS-Italia collabora con tutte le agenzie spaziali, con le industrie del settore, con le università e con le scuole, per usare l'astronautica e l'esplorazione dello spazio come attrattori verso lo studio delle materie tecnico/scientifiche. Vengono anche curati aspetti storico-culturali ed artistici, contribuendo in tal senso ad eventi di vario tipo.

BIS-Italia fornisce assistenza per lo sviluppo di tesi di laurea e per completare le conoscenze di chi desidera entrare nel settore spaziale. Da anni opera per spiegare che qualunque disciplina accademica può trovare impiego nella ricerca e nelle applicazioni dello spazio e sfrutta *hobbies* come il razzomodellismo per avviare il pubblico verso materie utili nel mondo interdisciplinare dell'astronautica.

Diventare soci della BIS vuol dire entrare a far parte di una comunità di appassionati, di amatori e di professionisti unica al mondo. Inoltre soci possono godere anche delle diverse pubblicazioni e della rinomata biblioteca presso la sede di Londra dell'Associazione.

Maggiori informazioni su www.bis-space.com e www.bis-italia.it



sierrafoxhobbies

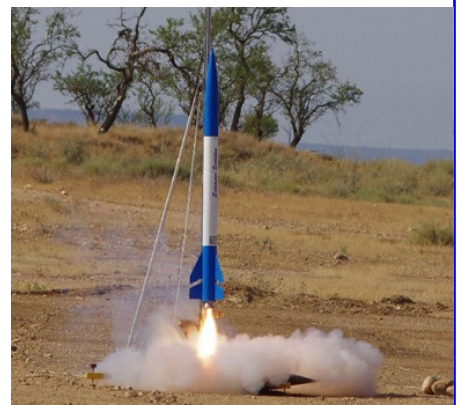
SierraFox Hobbies è il negozio italiano specializzato in modellismo spaziale (o razzomodellismo). Da oltre 15 anni serviamo gli appassionati di questa disciplina in

Italia, in Europa ed in altri Paesi. La nostra missione è molto semplice: fornire il più ampio numero possibile di prodotti per il modellismo spaziale con il migliore servizio al cliente. In oltre 15 anni di attività abbiamo fornito materiale a migliaia di appassionati in tutto il mondo, oltre che ad aziende, scuole, Università, istituti di ricerca.

La nostra passione per il modellismo spaziale risale agli anni 1970. Da allora ad oggi abbiamo accumulato un grande bagaglio di esperienza che ci permette di assistere i nostri clienti per qualunque loro esigenza. Abbiamo introdotto questo *hobby* in Italia, rendendolo possibile ad una grande quantità di appassionati, e siamo tutt'ora attivi nella organizzazione di eventi e *meetings* di modellismo spaziale.

Nel nostro negozio trovi tutto il necessario per il razzomodellismo: *kits* per principianti ed esperti, motori ad uso singolo e ricaricabili, paracadute ed accessori per il recupero, rampe ed accessori per il lancio, altimetri e dispositivi elettronici e molto altro. Importiamo gli articoli principalmente dagli USA, ed in alcuni casi dall'Europa, e spediamo in tutto il mondo. Inoltre siamo gli unici in Italia a poter rilasciare le certificazioni HPR per l'utilizzo dei modelli di maggiori dimensioni.

Maggiori informazioni su www.sierafoxhobbies.com





BIS-Italia



www.bis-space.com

www.bis-italia.it

From Imagination to Reality
Visionary Leadership in Space Flight

Artwork by Adrian Mann, FBIS

