



Roberto Vacca

6. Fuori dal coro Cadere: da che altezza? Velocità? Accelerazione?

Il Tenente Giovanni Badalini aveva compiuto 180 missioni di bombardamento su Malta. Ebbe una medaglia d'oro e due medaglie d'argento. Il 13 Luglio 1943 il suo trimotore S79 fu abbattuto in fiamme da un caccia britannico e andò giù in picchiata. Badalini fu eiettato e precipitava a oltre 500 km/h. Il suo paracadute si aprì subito e lo frenò tanto bruscamente da procurargli distorsioni serie. Normalmente gli aviatori eiettati ad alta velocità attendono che la resistenza dell'aria li rallenti a circa 200 km/h e poi aprono il paracadute. Dopo essere stato in mare per 15 ore, fu salvato da una nave inglese. Dopo l'armistizio, tornò a volare con l'aviazione italiana contro i tedeschi, ma prima dovette compiere una missione di collegamento con partigiani paracadutati in Lombardia. Seppi da lui la storia. Era perito industriale e dopo la guerra inventò un variatore continuo di velocità per applicazioni industriali, per automobili e motociclette. Lavoravo per lui e mi insegnò molte cose.

Il ricordo della sua discesa fortunosa dall'aereo in fiamme evocò il mio interesse per casi consimili. Durante la guerra ci furono vari aviatori che saltarono senza paracadute dal loro aereo e si salvarono. Il 3 Gennaio 1943 Alan Magee perse il suo paracadute nell'aereo in fiamme e saltò senza dalla quota di 6.700 metri. Cadde sulla cupola di vetro della stazione di St.Nazaire e la sfondò. Arrivò a terra gravemente ferito, ma fu curato con successo.

Il 23 Marzo 1944, Nick Alkemade, cadde da un Lancaster alla quota di 5.600 metri nella regione della Ruhr. Il suo impatto fu frenato dai rami di un grande albero, gradualmente più grossi dalla cima alla base. Poi cadde su neve fresca che copriva un grosso mucchio di fieno. Restò illeso: i tedeschi inizialmente non credevano alla sua storia, poi gli rilasciarono un diploma.

Vediamo allora, la fisica di un corpo in caduta libera soggetto alla forza di gravità. Ci insegnano che – se trascuriamo la resistenza dell'aria - la sua velocità V (in m/s) dopo t secondi dal momento in cui viene abbandonato alla forza di gravità è data dalla formula

$$V = g t; \quad \text{ove } g = 9,81 \text{ m/sec}^2 \text{ è l'accelerazione di gravità}$$

e lo spazio (in metri) che ha percorso in quel tempo t è

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

Sviluppando queste 2 equazioni, per i primi 10 secondi di caduta. Gli spazi percorsi e le velocità raggiunte sarebbero:

tempo (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
spazio (m)	4	19,6	44,1	78,5	122,6	176,6	240,3	313,9	397,3	490,5
V (m/s)	9	19,6	29,4	39,2	49	58,9	68,7	78,5	89,3	98,1
V (km/h)	3	70,6	106	141	177	212	247	283	318	353

A questo punto dovremmo capire subito che la resistenza dell'aria si può trascurare grosso modo per i primi secondi. Dopo no. Un corpo qualunque in caduta libera nell'aria non può raggiungere – dopo 10 secondi - la velocità di 353 km/h. Infatti la resistenza dell'aria lo frena ben prima.

La resistenza dell'aria è una forza R . Quando $R = P$, ove $P (= m g)$ è la forza peso che la gravità esercita sulla massa m , la forza totale applicata al corpo è zero – quindi l'accelerazione è zero e la velocità non cresce più. Il valore che ha raggiunto si chiama “velocità limite”. A bassa quota, la resistenza R dell'aria (in Newton – N) opposta a un corpo di massa m (in kg) e superficie trasversale S (in m^2) è

$$R = 0,55 S V^2$$

[ad esempio, alla velocità di 18,5 m/s la resistenza è di 186 Newton/m²]

Se il corpo che cade è quello di un uomo che pesa 80 kg (= 785 Newton), la velocità limite è

$$V_L = \sqrt{(m g / 0,55 S)}$$

A seconda dell'assetto delle membra (estremità raccolte, oppure aperte – vestiti ingombranti, che possono essere estesi a formare ali di stoffa ai lati del corpo), valutiamo che la superficie trasversale possa variare fra 0,3 e 2 m². La tabella seguente riporta i valori della velocità limite in corrispondenza di vari valori di S – da quello minimo di chi cade a caso a quello di chi usa un paracadute con un'area di 20 m².

Superficie (m ²)	0,3	0,5	1	2	20
Velocità limite (m/s)	69	53	38	27	8
Velocità limite (km/h)	248	192	136	96	30

Le velocità limite indicate vengono raggiunte in pochi secondi. Quindi nella prima tabella i dati nelle ultime 3 righe delle ultime 3 colonne sono solo teorici: non c'è luogo sulla Terra in cui un corpo possa cadere nel vuoto per 7 o più secondi.

Il 25 Luglio 2012 l'austriaco Felix Baumgartner si è lanciato dall'altezza di 29 chilometri e mezzo. L'impresa è stata finanziata dalla Red Bull. Lo “skydiver” era in una capsula che è salita appesa a un pallone pieno di elio. Dalla quota massima si è lanciato e, a paracadute chiuso, è precipitato per 3 minuti e 48 secondi raggiungendo la velocità di 863 km/h (240 m/s).⁽¹⁾ A questo punto ha aperto il paracadute ed è atterrato dopo 10 minuti e mezzo nel deserto del New Mexico.

Questa impresa al confine fra sport estremo ed esperimento scientifico non ci riguarda personalmente. Invece da questo mio scritto puoi trarre un consiglio, che – lo so – potrà servire solo in un caso estremo molto, molto improbabile. Se ti accadrà di essere sbalzato nel vuoto a grande altezza da un aereo, non ti disperare. Ricorda che la tua velocità decresce molto se aumenti la tua superficie trasversale. Apri e tendi braccia e gambe. Prova a planare come un aliante. Potresti riuscire a ridurre la tua velocità a circa 100 km/h. A questo punto c'è solo da sperare nella fortuna. Potrai essere frenato da alberi, vegetazione, materiali sciolti o da un pendio molto ripido a pendenza gradualmente decrescente. Potresti salvarti.

Naturalmente la resistenza dell'aria ad alta velocità tende a spostare e torcere braccia e gambe. Per mantenerle tese e aperte devi essere robusto. Comincia subito. Fai ginnastica molte volte al giorno. Anche se, poi, non cadi nel vuoto, una buona forma fisica ti fa stare meglio e ti fa vivere più a lungo.

(1) Lo ha potuto fare perché a 30 chilometri da terra la pressione atmosferica è solo il 3% di quella al livello del mare e, quindi, la resistenza dell'aria è minima.