

# LA SCIMMIA DI CARROL

## IL PROBLEMA

Ai due capi di una corda di massa zero, che può scorrere senza attrito nella gola di una carrucola, sono appesi, in condizioni di equilibrio, una scimmia e, dall'altra parte, un contrappeso di massa identica a quella della scimmia: che cosa succede se a un certo punto la scimmia comincia ad arrampicarsi sulla corda? Il contrappeso si sposta - se si sposta - verso l'alto o verso il basso? E la scimmia?

## SOLUZIONE PROPOSTA NEL SITO DI UN'UNIVERSITÀ DEL NORD ITALIA

(e, tale e quale, nel sito di un liceo della Svizzera italiana)

«Il carico si sposta verso l'alto. La fune scorre sotto le zampe della scimmia. Il sistema carico-scimmia-fune è isolato perché la risultante delle forze esterne agenti su di esse è nulla. Ne consegue che il centro di massa del sistema deve rimanere fermo. Supponiamo che inizialmente carico e scimmia si trovino alla stessa quota e che la massa della fune sia trascurabile rispetto alle altre. Se per effetto dell'arrampicarsi della scimmia la fune scorre sotto le sue zampe ed il carico sale rispetto alla posizione iniziale, affinché il centro di massa del sistema resti fisso la posizione della scimmia deve abbassarsi rispetto a quella iniziale.»

## OBIEZIONI A TALE SOLUZIONE

- Isolato, il sistema mobile? Solo se si assume che la forza verticale della carrucola sulla corda corrisponda esattamente al peso complessivo del sistema mobile, il che accade solo in condizioni di quiete o di moto uniforme. Sarebbe come dire che se da una parte c'è un blocco di 2 kg e dall'altra un blocco di 10 kg la forza della corda sulla carrucola è 12 kg...<sup>[1]</sup>
- Inoltre: dire che il centro di massa del sistema resta fermo significa chiaramente dire che di tanto sale il contrappeso, di altrettanto scende la scimmia: perciò la lunghezza del tratto di corda tra scimmia e contrappeso è rimasta invariata. Ma... la fune non doveva "scorrere sotto le zampe della scimmia"? E la scimmia... non doveva "arrampicarsi" sulla corda?
- Infine: se è vero che, *partendo da fermo*, la scimmia acquista velocità verso il basso, significa che ha subito un'accelerazione verso il basso. Domanda: quale forza verso il basso si è aggiunta al peso (o quale forza verso l'alto è diminuita) per dare luogo a tale accelerazione?
- Non ultimo: *a che cosa è servita l'ipotesi della quota iniziale uguale per la scimmia e per il carico?*

## SOLUZIONE DA ME PROPOSTA NEL CORSO DI LAUREA ON LINE DEL POLITECNICO DI MILANO

Si parte da una situazione di quiete. Se, a un certo momento, la scimmia esercita sulla fune una forza supplementare verso il basso per issarsi verso l'alto, una forza supplementare di identico valore tira tanto la scimmia quanto il carico verso l'alto (le forze ai due estremi della fune - esercitate sulla fune dalla scimmia e, rispettivamente, dal carico - sono identiche perché la fune ha massa zero e può scorrere senza attrito), mentre una forza supplementare di valore doppio agisce verso il basso sulla carrucola e verso l'alto sulla fune (per effetto della carrucola). Le due masse sospese si trovano esattamente nelle stesse condizioni, subiscono quindi in definitiva un **identico spostamento verso l'alto**, uguale a metà dello spostamento delle mani della scimmia sulla corda: la distanza verticale tra carico e scimmia *resta invariata*. Il centro di massa (CM) del sistema scimmia + carico + fune è stato accelerato verso l'alto (e quindi spostato verso l'alto) dalla forza della carrucola sulla fune, **momentaneamente più grande del peso complessivo**.

Esempio numerico. La scimmia si appende sulla corda 40 cm più in alto. La scimmia e il contrappeso salgono entrambi di 20 cm, il tratto di corda compreso tra i due si accorcia di 40 cm, il tratto di corda sotto la scimmia si allunga di 40 cm.

<sup>1</sup> Quanto vale la forza della corda sulla carrucola?

Se rispondiamo 12 kgf, diciamo che la forza totale sul sistema mobile è zero, perciò il CM del sistema dovrebbe restare immobile o muoversi di moto uniforme: invece accelera verso il basso ( $a_{CM}$  è la media delle accelerazioni dei blocchi 'pesata' sulle rispettive masse).

L'accelerazione del sistema (verso l'alto a sinistra, verso il basso a destra) è

$$a = [(10 \text{ kgf} - 2 \text{ kgf}) \times 9,81 \text{ m/s}^2] / 12 \text{ kg} = (2/3) (9,81 \text{ m/s}^2) = (2/3) g.$$

$$a_{CM} = [(2g/3 \times 10 \text{ kg}) - (2g/3 \times 2 \text{ kg})] / 12 \text{ kg} = (4/9) g \text{ (verso il basso).}$$

Allora la forza totale sul CM è  $(4/9) \times 12 \text{ kgf}$  verso il basso, il che significa che la forza della carrucola sulla corda è  $(5/9) \times 12 \text{ kgf}$  verso l'alto (e la forza della corda sulla carrucola è  $(5/9) \times 12 \text{ kgf} = 6,67 \text{ kgf}$  verso il basso).

Giovanni Tonzig

[www.giovanntonizig.it](http://www.giovanntonizig.it)

