



## Incidente stradale: di chi è la colpa?

Appunti per gli insegnanti

Teoria da introdurre/rafforzare durante l'indagine

1. L'attrito si ha tra i pneumatici di un'automobile e la superficie stradale.
2. È necessaria una forza per consentire all'automobile di muoversi.
3. La forza minima di cui si ha bisogno per avviare l'auto è l'attrito stazionario (spesso chiamato attrito statico).
4. Una volta che la macchina si muove, è necessaria una forza leggermente più piccola per mantenerla in movimento a velocità costante. Questo è l'attrito cinetico.
5. Fortunatamente questo è tanto più piccolo quanto minore è la superficie a contatto con la strada. Ma se i freni sono bloccati l'attrito statico e l'attrito cinetico (chiamato anche scorrimento) sono grandi.
6. Quando una macchina è in movimento, si applicano i freni e le ruote sono bloccate allora la macchina rallenta per attrito radente. In questo caso la forza è esercitata tra la macchina e la strada e dipenderà dal peso della macchina.
7. Degli studi hanno dimostrato che l'attrito è circa direttamente proporzionale alla reazione normale. Su una superficie orizzontale, la reazione normale è uguale al peso di un oggetto.
8. Il rapporto tra attrito e reazione normale è costante e dipende solo dalla natura della superficie di contatto. Questo è chiamato coefficiente di attrito,  $\mu$ , quindi  $u = F/N$  o  $F = \mu N$ .
9. Nel caso di attrito radente  $\mu$  è leggermente inferiore rispetto al caso di attrito statico.
10. Un valore di  $\mu$  pari a 0.7 significa che l'attrito che si oppone al moto di un oggetto su una superficie orizzontale è 0.7 volte il peso dell'oggetto. Il valore di  $\mu$  tra uno pneumatico e la superficie stradale è un fattore chiave nelle indagini negli incidenti.



11. Quando la macchina sbanda, la forza di decelerazione è l'attrito radente. È la spinta all'indietro del suolo sulle gomme. Su una strada piana questa forza è uguale al prodotto tra il coefficiente di attrito gomma/strada,  $\mu$ , e il peso dell'automobile

$$F = \mu mg \quad \text{dove}$$

$m$  = massa della macchina e  $g$  = accelerazione dovuta alla gravità.

12. Supposto che il veicolo viaggi a una certa velocità  $= v$ , allora ha  $K.E. = 1/2mv^2$

Quando l'auto si ferma la forza di decelerazione è data da  $F = \mu mg$

Il lavoro  $W$  fatto contro l'attrito è  $W = Fs = \mu mgs$

Quando il veicolo si ferma ha  $K. E. = 0$ .

Il cambiamento in energia cinetica è pari al lavoro fatto contro l'attrito

$$1/2mv^2 = \mu mgs \quad \text{o} \quad v = (2\mu gs)^{1/2}$$

13. Questo dimostra che la distanza di arresto dipende solamente dal coefficiente di attrito pneumatico/strada e dalla velocità del veicolo prima dello slittamento. È indipendente dalla massa del veicolo.

### Calcoli per il ragazzo (tempo impiegato)

Velocità media della camminata (come indicato dal testimone)  $= 5/2.9 = 1.72 \text{ m s}^{-1}$

Distanza prima dell'impatto  $= 4.6 \text{ m}$

Tempo impiegato per arrivare al punto dell'incidente  $= 4.6/1.72 = 2.7 \text{ s}$

### Calcoli per il furgone (tempo impiegato)

Assumendo che a velocità finale era  $10 \text{ km h}^{-1} = 2.78 \text{ m s}^{-1}$

La velocità del furgone prima della frenata è

$$= (10/3.6 + 2 \times 0.76 \times g \times 19.8)^{1/2} = 17.4 \text{ m s}^{-1} \quad \text{o} \quad 62.7 \text{ km h}^{-1}$$

Tempo di slittamento  $= t = v-u/at = (2.78 - 17.4)/-0.76 \times 9.81 = 2.0 \text{ s}$

Se il tempo di reazione è assunto pari a  $0.8 \text{ s}$

Allora la distanza di slittamento + la distanza di reazione è  $= 19.8 + 0.8 \times 17.4 = 33.7 \text{ m}$

E il tempo totale di reazione + slittamento è  $= 2.0 + 0.8 = 2.8 \text{ s}$

Quando appare il semaforo giallo, il tempo prima della collisione è

$$2.8 + 3 = 5.8 \text{ s}$$

Se l'autista del furgone avesse frenato, la sua distanza di arresto avrebbe evitato l'incidente.

O alternativamente, se l'autista del furgone avesse viaggiato a  $40 \text{ kmh}^{-1}$  secondo il limite di velocità, anche in questo caso si sarebbe potuto evitare l'incidente.

---

**Autori: Jack Holbrook (adapted from Physics of Road Traffic Accidents by P.K.Tao: Hong Kong, Oxford University Press, 1987)**

Istituto: International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Paese: UK

---



Distanza di arresto dal punto di percezione = distanza di slittamento + distanza del tempo di reazione =  $40/3.6 \times 40/3.6/2 \times 0.76 \times 9.81 + 40/3.6 \times 0.8 = 17.2$  m (molto minore dei 33.7 m che si hanno a  $62.7 \text{ km h}^{-1}$ ).

## Una possibile conclusione

1. La velocità del furgone era di  $62.7 \text{ km h}^{-1}$ . Sopra il limite di velocità.
2. L'autista del furgone non ha frenato quando è apparsa la luce gialla: ha frenato solo quando ha visto il ragazzo scendere dal marciapiede.

Un'informazione determinante in questa ricostruzione è stata che il ragazzo ha iniziato ad attraversare la strada quando si è accesa la luce verde.

## Per determinare il coefficiente di attrito

Strumentazione richiesta; fascia elastica resistente (o elastici uniti insieme).

Righello, blocco di legno (circa 10cm x 5cm x 5cm) con un gancio su una delle facce 5x5; materiali con superficie diversa lunghi almeno 20 cm e larghi almeno 5 cm, per esempio carta vetrata, legno, metallo, ghiaccio?

### Procedura

1. Fissare la fascia elastica al blocco di legno e determinare l'estensione del nastro quando il blocco viene sollevato (cioè determinare l'estensione dal peso del blocco),
2. Posizionare a turno, il blocco di legno su ciascuna delle superfici. Determinare l'estensione della fascia elastica quando, tirando il nastro in una direzione orizzontale, il blocco inizia a muoversi.
3. Determinare il rapporto tra l'estensione della fascia elastica quando si tira il blocco orizzontalmente rispetto all'estensione data dal peso del blocco.
4. Come cambia questo rapporto al variare delle diverse superfici?
5. Dato che questo rapporto è il coefficiente di attrito, ricavare una relazione tra il coefficiente di attrito, il peso del blocco e la forza appena necessaria per spostare il blocco in una direzione orizzontale.

Domanda. Quante letture dovrai fare per ciascuna misura per massimizzare la precisione?

---

**Autori: Jack Holbrook (adapted from Physics of Road Traffic Accidents by P.K.Tao: Hong Kong, Oxford University Press, 1987)**

Istituto: International Council of Associations for Science Education (ICASE)  
Paese: UK

---



## Note sull'esperimento

Anziché utilizzare un nastro elastico è possibile utilizzare una bilancia a molla quando la forza (in Newton) può essere direttamente determinata.

L'esperimento fa uso della definizione del coefficiente di attrito come  $F / N$ , dove  $F$  è la forza necessaria per superare l'attrito e iniziare a spostare il blocco, e  $N$  è la forza normale al blocco (che in questo caso è il peso del blocco di legno).

Quindi  $\mu$  (coefficiente di attrito) =  $F/N$  dove sia  $F$  che  $N \propto$  lunghezza di estensione della fascia elastica.

Quindi  $\mu = \frac{\text{estensione della fascia elastica tirando orizzontalmente il blocco}}{\text{estensione della fascia elastica dal peso del blocco}}$

Nota che in realtà non è necessario conoscere il peso del blocco. Il coefficiente di attrito in realtà non dipende dal peso. Ciò vale anche per la forza di attrito mostrata nel tentativo di muovere (o fermare) il movimento di una vettura.

Per un'automobile che viaggia a  $v$  km h<sup>-1</sup>, l'energia cinetica cambia da  $\frac{1}{2} mv^2$  a 0 (come  $v = 0$  quando l'auto si ferma). Quando l'auto sbanda, il lavoro fatto è contro l'attrito. Il lavoro fatto è  $\mu \cdot mg \cdot s$ , dove  $s$  è la distanza slittamento e  $mg$  è il peso della vettura.

Alla fine dello slittamento la macchina si è fermata. Quindi:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \mu \cdot mg \cdot s \text{ e quindi } v^2 = 2 \mu gs \text{ o } v = (2 \mu gs)^{1/2}$$

La variazione di velocità da slittamento è quindi indipendente dalla massa del furgone.

Quindi se la velocità prima dello slittamento era di 30 ms<sup>-1</sup>, la distanza di slittamento è data da  $s = 30 \times 30 / 2 \times \mu \times 10$  (supponendo che la decelerazione contro la gravità è 10 ms<sup>-2</sup>)

Se per lo pneumatico del furgone il coefficiente di attrito contro la superficie stradale è pari a 0.76, allora la distanza di slittamento è  $900 / 15.2$  metri = 59.2 metri.

D'altra parte, se la distanza slittamento era di 15 metri, allora la velocità del furgone appena prima che iniziasse lo slittamento è data da  $(2 \times 0.76 \times 10 \times 15)^{1/2}$

$$= \text{approssimativamente } 15 \text{ ms}^{-1}$$

Questo esperimento non considera il concetto di attrito statico e di attrito cinetico come entità separate (la differenza è molto piccola).

---

**Autori: Jack Holbrook (adapted from Physics of Road Traffic Accidents by P.K.Tao: Hong Kong, Oxford University Press, 1987)**

Istituto: International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Paese: UK

---