

# Valentino Rossi: con o contro le leggi della fisica?

Simone Zuccher

E-mail: [zuccher@sci.univr.it](mailto:zuccher@sci.univr.it)

Web page: <http://profs.sci.univr.it/~zuccher/>

Liceo Scientifico "E. Medi" e  
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali – Università di Verona

Conferenze al "Medi" 2010  
13 Gennaio 2010

# Obiettivo: capire come fa

## Superpoteri...



## ...o FISICA?



# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |  |
|------------------|--|
| Cognome          | Rossi  |
| Nome             | Valentino  |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979   |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy                                  |
| Altezza          | 182 cm   |
| Massa            | 67 kg  |
| Status           | single   |
| Totale corse     | 227 partenze (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | 103 (45%) (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)  |
| Podi             | 164 (72%) (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | 9 (64%) (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991   |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)                                   |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Valentino Rossi: chi è costui?



|                  |   |
|------------------|---|
| Cognome          | Rossi   |
| Nome             | Valentino   |
| Data di nascita  | 16 Febbraio 1979  |
| Luogo di nascita | Tavullia, Urbino, Italy   |
| Altezza          | 182 cm  |
| Massa            | 67 kg   |
| Status           | single  |
| Totale corse     | <b>227 partenze</b> (167, 30, 30)                               |
| Vittorie         | <b>103 (45%)</b> (77, 14, 12)                                   |
| Pole positions   | 58 (47, 5, 5)   |
| Podi             | <b>164 (72%)</b> (128, 21, 15)                                  |
| Mondiali vinti   | <b>9 (64%)</b> (1 x 125cc, 1 x 250cc,<br>1 x 500cc, 6 x MotoGP) |
| Prima corsa      | 1991  |
| Primo GP         | Malaysia, 1996 (125cc)  |

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# Yamaha YZR-M1 2009





# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |







# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |

# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |

# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |

# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |

# YZR-M1 2009 (specifiche tecniche, fonte Yamaha)

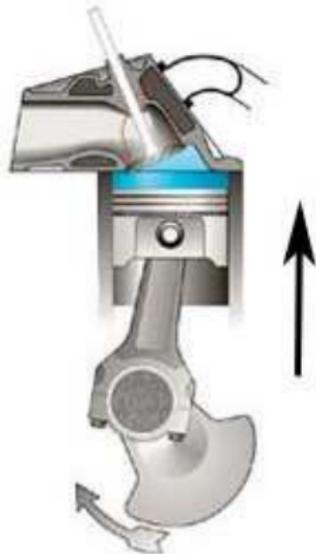
|           |   |
|-----------|---|
| Motore    | raffreddato a liquido, 4 cilindri, 4 tempi, V16, 800 cm <sup>3</sup> , 147 kW (200 hp), 320 km/h (89 m/s)   |
| Iniezione | <b>Magneti Marelli</b> , mappatura variabile  |
| Telaio    | Deltabox a doppia trave in alluminio  |
| Cerchi    | <b>Marchesini</b> : 16.5" (41.91 cm) davanti e dietro   |
| Gomme     | Bridgestone: 16.5" davanti e dietro, slick, intermedie, wet e hand-cut  |
| Freni     | <b>Brembo</b> : 2 dischi anteriori, 320 mm, carbonio, 2 pinze a 4 pistoncini, 1 disco posteriore, 220 mm, acciaio inox, doppia pinza a due pistoncini |
| Massa     | 148 kg (regolamento FIM)  |
| Serbatoio | 21 litri (0.021 m <sup>3</sup> )  |

# Il motore a 4 tempi

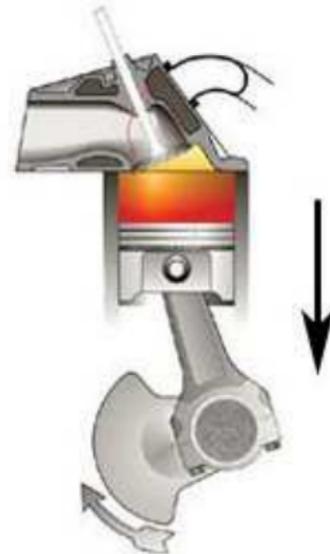
**Aspirazione**



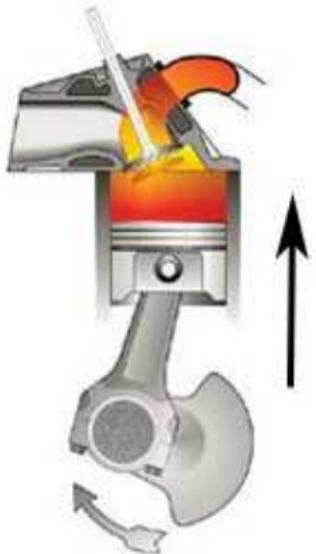
**Compressione**



**Scoppio-espansione**



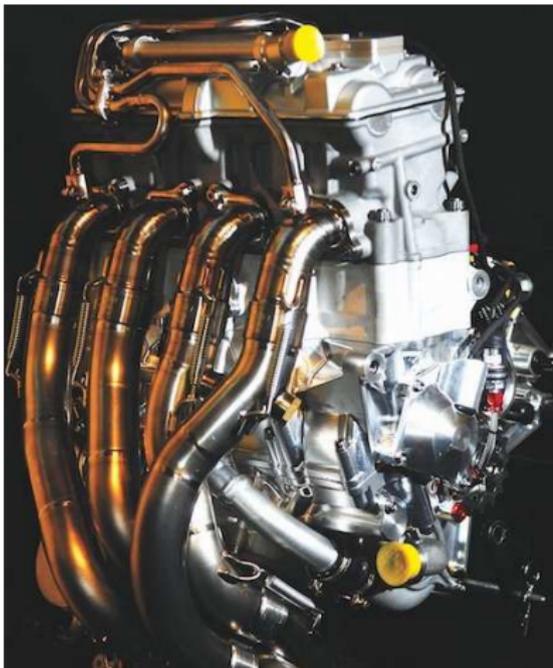
**Scarico**



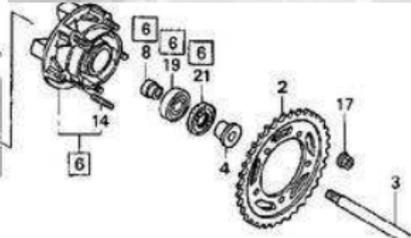
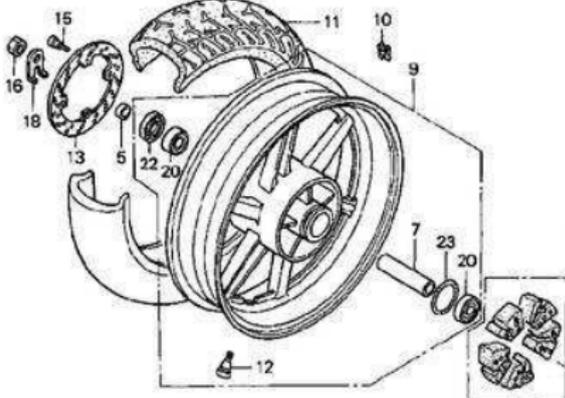
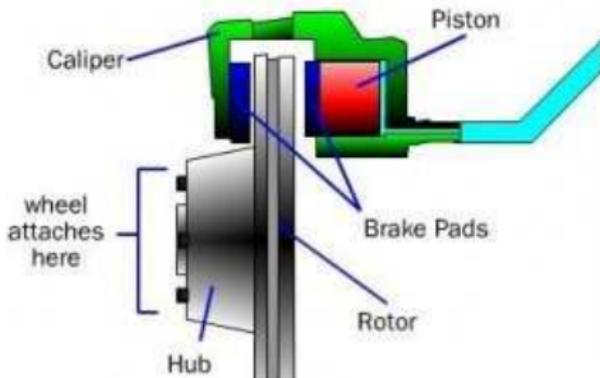
Link al cross-plane crankshaft Yamaha: [q3yzhuYpt0s](https://www.youtube.com/watch?v=q3yzhuYpt0s)

# Motore crossplane crankshaft della YZR-M1 2009

## Cross-plane crankshaft



# Le ruote





# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 **La fisica della moto**
  - **Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP**
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

# La forza peso

## Definizione

La forza con la quale un pianeta ci attrae verso il suo centro.  
In formule:  $P = mg$ , con  $m$  massa in kg e  $g = GM_p/R_p^2$   
(per la terra  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , per la luna  $g = 1.6 \text{ m/s}^2$ ).



# La forza centrifuga

## Definizione

La forza con la quale un corpo in moto circolare uniforme viene “spinto verso l'esterno”. In formule:  $F_c = m \frac{V^2}{R}$ , con  $m$  massa in kg,  $V$  velocità del corpo in m/s e  $R$  raggio traiettoria in m.



# La forza di attrito

## Definizione

La forza di attrito è una forza che si oppone sempre al moto.

## Tipi di attrito

- Radente (strisciamento tra due superfici)
- Volvente (corpo che rotola su una superficie)
- Del mezzo (corpo che si muove in un altro mezzo [fluidico])

# La forza di attrito

## Definizione

La forza di attrito è una forza che si oppone sempre al moto.

## Tipi di attrito

- Radente (strisciamento tra due superfici)
- Volvente (corpo che rotola su una superficie)
- Del mezzo (corpo che si muove in un altro mezzo [fluidico])

# La forza di attrito

## Definizione

La forza di attrito è una forza che si oppone sempre al moto.

## Tipi di attrito

- Radente (strisciamento tra due superfici)
- Volvente (corpo che rotola su una superficie)
- Del mezzo (corpo che si muove in un altro mezzo [fluidico])

# La forza di attrito

## Definizione

La forza di attrito è una forza che si oppone sempre al moto.

## Tipi di attrito

- Radente (strisciamento tra due superfici)
- Volvente (corpo che rotola su una superficie)
- Del mezzo (corpo che si muove in un altro mezzo [fluidico])

# La forza di attrito

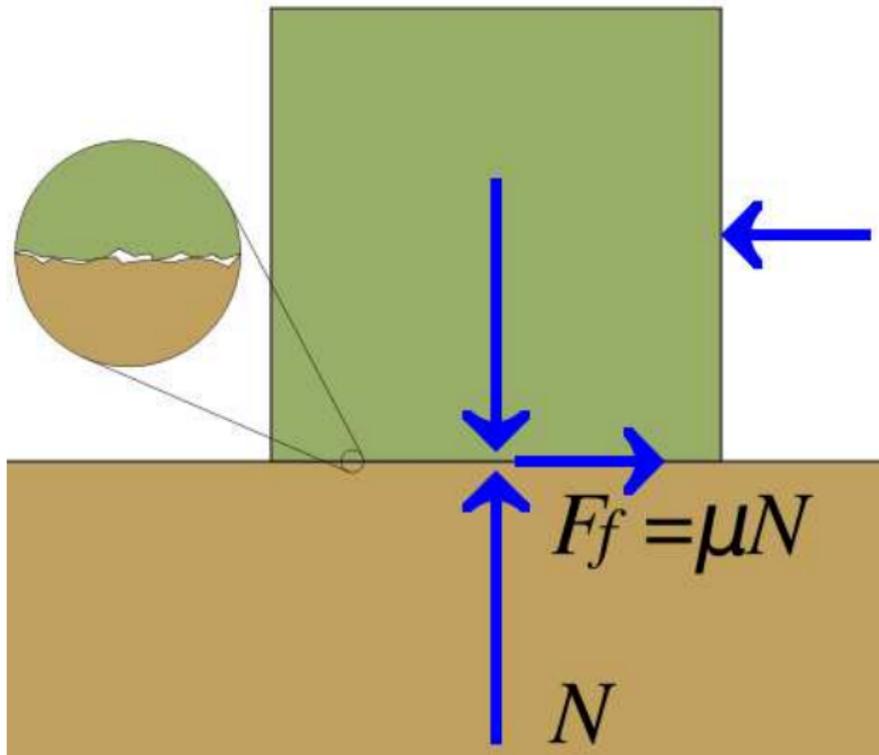
## Definizione

La forza di attrito è una forza che si oppone sempre al moto.

## Tipi di attrito

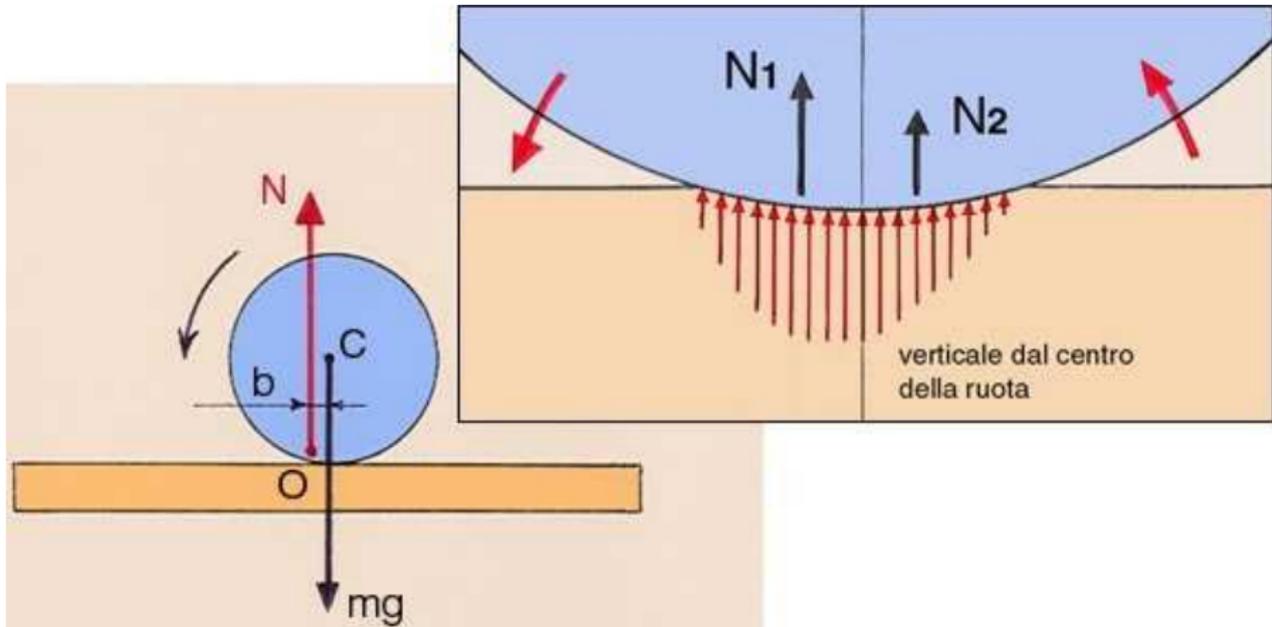
- Radente (strisciamento tra due superfici)
- Volvente (corpo che rotola su una superficie)
- Del mezzo (corpo che si muove in un altro mezzo [fluidico])

# Attrito radente

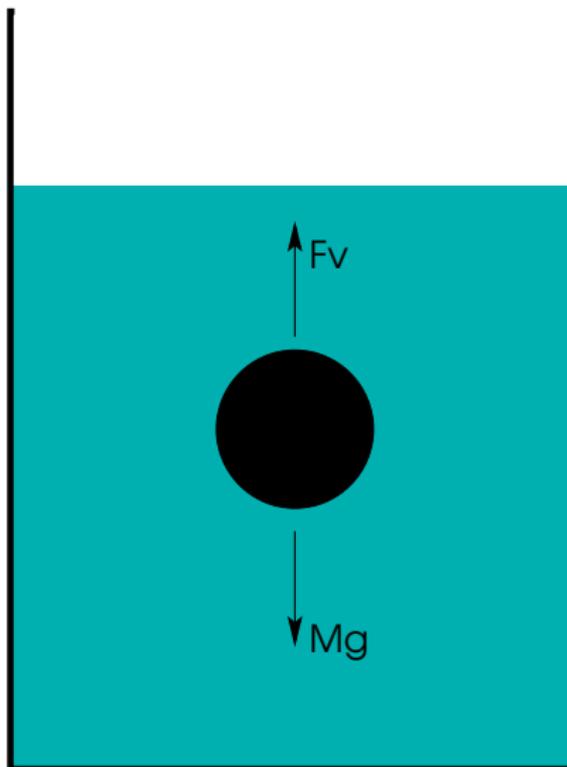


$F_a = \mu N$  con  $N$  forza "normale" e  $\mu$  coefficiente di attrito.

# Attrito volvente



# Attrito viscoso



# Prima della partenza



- 1 Termocoperte
- 2 Serbatoio al fresco
- 3 Controllo software (mappatura motore, telemetria, ...)
- 4 ...

# La partenza



- 1 Gomme calde, non devono scivolare
- 2 Frizione e acceleratore per scaricare potenza
- 3 Spostare il peso in avanti per non ribaltarsi
- 4 ...



# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

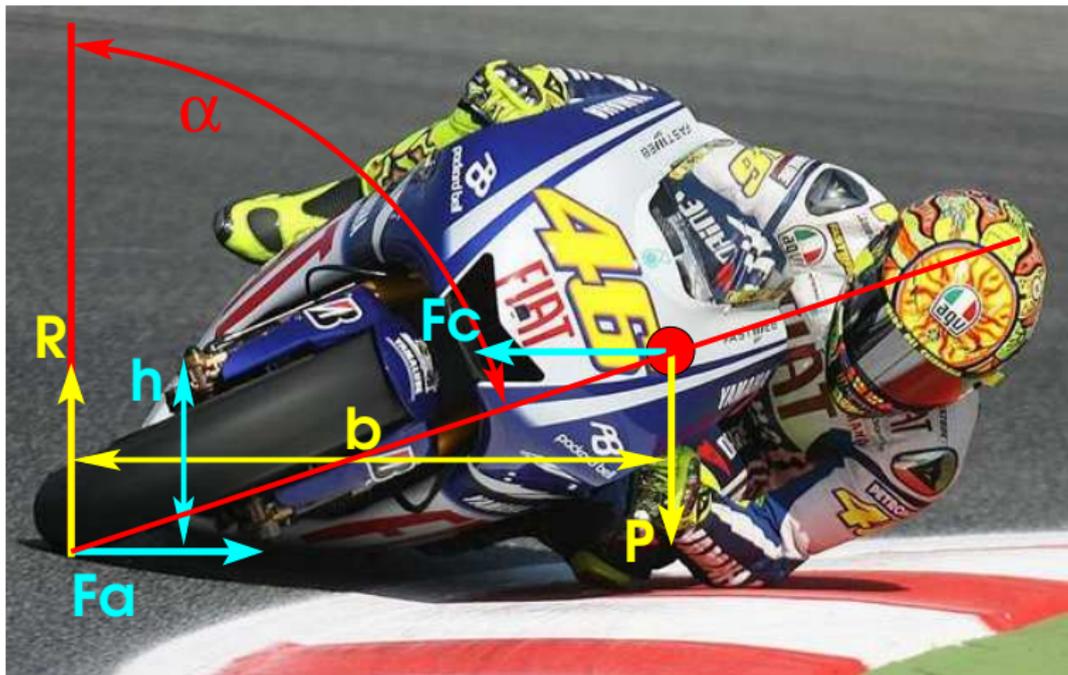
# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

# La staccata e l'inserimento in curva in 10 punti

- 1 **scalare** le marce rallentando
- 2 **frenare** con anteriore ( $\geq 70\%$ ) e posteriore ( $\leq 30\%$ )
- 3 **spingere** tanto (ma tanto!) con le braccia sul manubrio
- 4 **girare il piede interno** verso l'esterno in modo che la punta della pedana sia tra l'alluce e il secondo dito
- 5 **aprire la gamba interna** portando il ginocchio all'esterno
- 6 **iniziare la piega** (come???) e quando la moto inizia ad inclinarsi spostare il peso verso l'interno
- 7 **prendere la corda** per mantenere la traiettoria ideale
- 8 **appendersi alla moto** portando almeno metà (se non tutto il) sedere fuori dalla sella dalla parte interna, gomito e coscia esterni appoggiati al serbatoio
- 9 con la testa **puntare lo specchietto interno** e percorrere la prima parte di curva senza accelerare
- 10 verso fine curva **raddrizzare la moto** (inverso della piega) e accelerare dolcemente solo usciti dalla piega

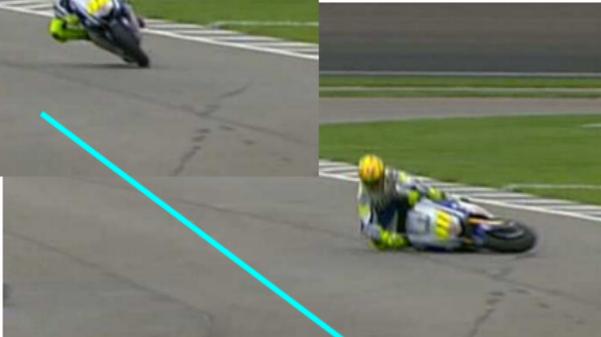
# Peso + forza centrifuga + attrito = piega (angolo $\alpha$ )



Se  $P = mg$ ,  $F_c = m \frac{v^2}{R}$  e  $F_a = \mu N$  ( $N$  forza normale) allora si ha equilibrio solo se  $P = R$ ,  $F_c = F_a$  e  $F_c h = P b$ , da cui  $V = \sqrt{\mu g R}$  e  $b/h = \mu$ .

# ...perché è caduto?

Indianapolis, USA, 30 Ago 2009



San Marino, IT, 6 Sep 2009



## La piega perfetta (o quasi!?)

Una volta entrati in piega, la curva si fa cambiando leggermente  $b$  e  $h$  spostando il proprio corpo (il pilota non è quasi mai seduto), aiutandosi con gomiti, ginocchia e anche piedi se necessario, affidandosi, per il resto, all'attrito radente tra gomma e asfalto.

Ma:

- 1 Come si entra in piega?
- 2 Si tratta di “tirare giù la moto” di forza?
- 3 Esiste la “piega perfetta”?

...per capirlo bisogna ricordarsi che **la moto ha due ruote e un motore che girano tutti nella stessa direzione su assi (più o meno) paralleli tra loro...**

## La piega perfetta (o quasi!?)

Una volta entrati in piega, la curva si fa cambiando leggermente  $b$  e  $h$  spostando il proprio corpo (il pilota non è quasi mai seduto), aiutandosi con gomiti, ginocchia e anche piedi se necessario, affidandosi, per il resto, all'attrito radente tra gomma e asfalto.

Ma:

- 1 Come si entra in piega?
- 2 Si tratta di “tirare giù la moto” di forza?
- 3 Esiste la “piega perfetta”?

...per capirlo bisogna ricordarsi che **la moto ha due ruote e un motore che girano tutti nella stessa direzione su assi (più o meno) paralleli tra loro...**

## La piega perfetta (o quasi!?)

Una volta entrati in piega, la curva si fa cambiando leggermente  $b$  e  $h$  spostando il proprio corpo (il pilota non è quasi mai seduto), aiutandosi con gomiti, ginocchia e anche piedi se necessario, affidandosi, per il resto, all'attrito radente tra gomma e asfalto.

Ma:

- 1 Come si entra in piega?
- 2 Si tratta di “tirare giù la moto” di forza?
- 3 Esiste la “piega perfetta”?

...per capirlo bisogna ricordarsi che **la moto ha due ruote e un motore che girano tutti nella stessa direzione su assi (più o meno) paralleli tra loro...**

# La piega perfetta (o quasi!?)

Una volta entrati in piega, la curva si fa cambiando leggermente  $b$  e  $h$  spostando il proprio corpo (il pilota non è quasi mai seduto), aiutandosi con gomiti, ginocchia e anche piedi se necessario, affidandosi, per il resto, all'attrito radente tra gomma e asfalto.

Ma:

- 1 Come si entra in piega?
- 2 Si tratta di “tirare giù la moto” di forza?
- 3 Esiste la “piega perfetta”?

...per capirlo bisogna ricordarsi che **la moto ha due ruote e un motore che girano tutti nella stessa direzione su assi (più o meno) paralleli tra loro...**

# La piega perfetta (o quasi!?)

Una volta entrati in piega, la curva si fa cambiando leggermente  $b$  e  $h$  spostando il proprio corpo (il pilota non è quasi mai seduto), aiutandosi con gomiti, ginocchia e anche piedi se necessario, affidandosi, per il resto, all'attrito radente tra gomma e asfalto.

Ma:

- 1 Come si entra in piega?
- 2 Si tratta di “tirare giù la moto” di forza?
- 3 Esiste la “piega perfetta”?

...per capirlo bisogna ricordarsi che **la moto ha due ruote e un motore che girano tutti nella stessa direzione su assi (più o meno) paralleli** tra loro...

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio**
  - **Gli effetti di una ruota che gira**
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni
  - Domande

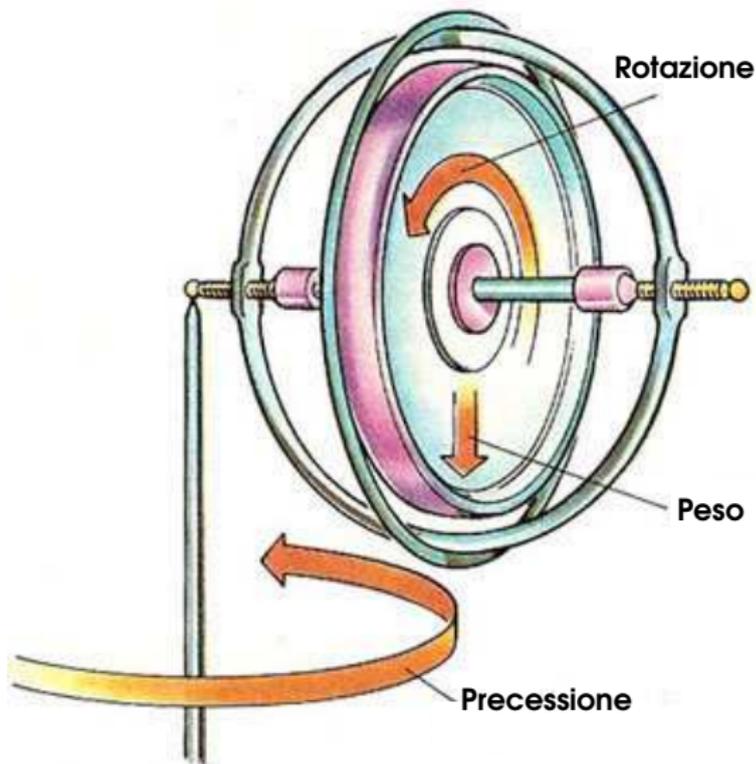
# Cos'è il giroscopio?



# Il giroscopio - la tenacia

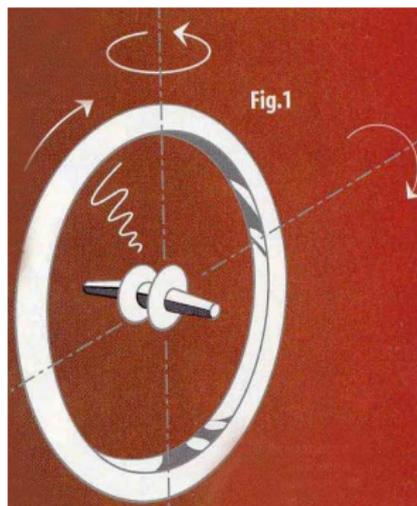


# Il giroscopio - la precessione



Video: Vxs0cMFibWI

# Come si imposta una piega in modo “tecnico”?



Per piegare la moto si sfrutta la precessione: basta **spostare leggermente in avanti il braccio interno (sì quello interno)** evitando di tirarlo verso di sé (sbalzerebbe la moto verso l'esterno). Questo leggero controsterzo fa piegare la moto, il resto si fa con il corpo. Per uscire dalla piega: tirare leggermente il braccio interno spostando il peso del corpo.

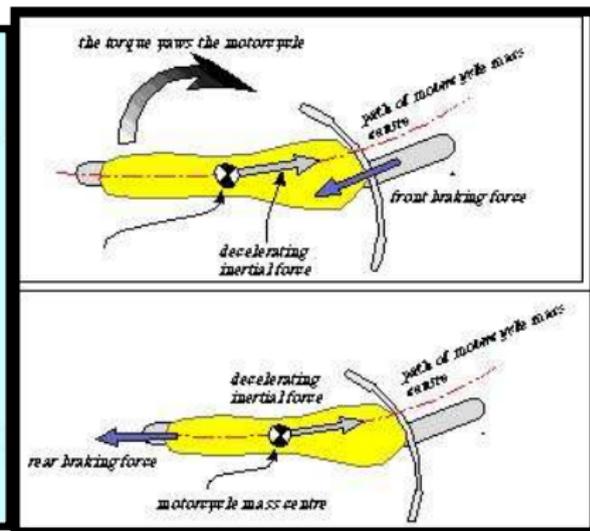
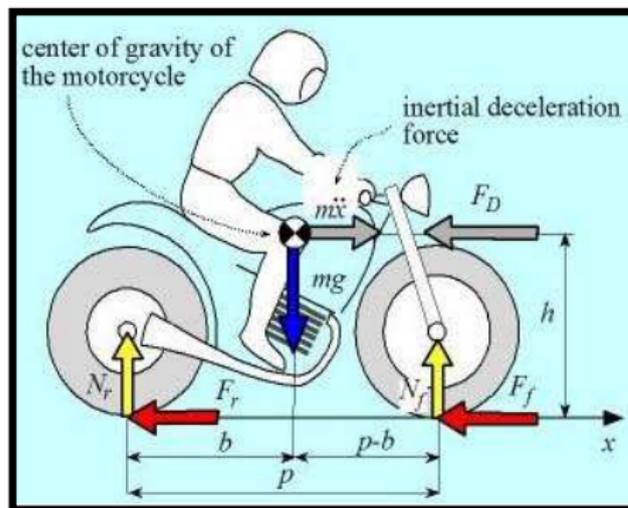
# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza**
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side**
- 6 Conclusioni
  - Domande





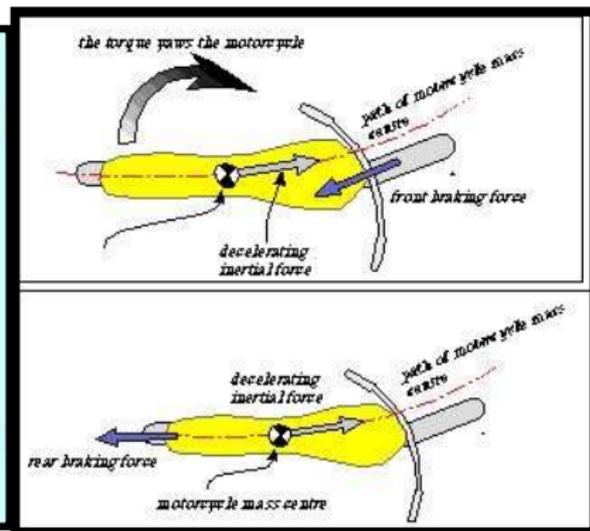
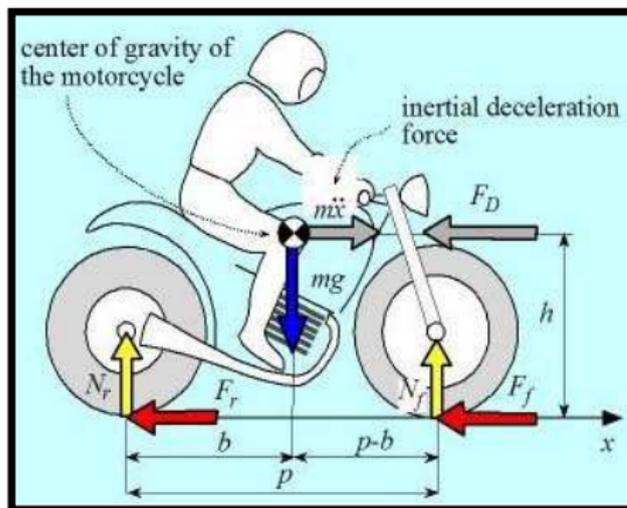
# Come si frena?



- 1 **Mai bloccare le ruote** (devono rotolare, **non strisciare**)
- 2 **La ruota anteriore** è soggetta ad una forza normale maggiore (maggiore efficienza del freno anteriore)
- 3 **Effetto stabilizzante** della forza frenante posteriore
- 4 **Frenata ottima sull'asciutto**: 90% davanti e 10% dietro  
( $\mu = 0.8$ ;  $a = -0.8g$ )



# Come si frena?



- 1 **Mai bloccare le ruote** (devono rotolare, **non strisciare**)
- 2 **La ruota anteriore** è soggetta ad una forza normale maggiore (maggiore efficienza del freno anteriore)
- 3 **Effetto stabilizzante** della forza frenante posteriore
- 4 **Frenata ottima** sull'asciutto: 90% davanti e 10% dietro ( $\mu = 0.8$ ;  $a = -0.8g$ )

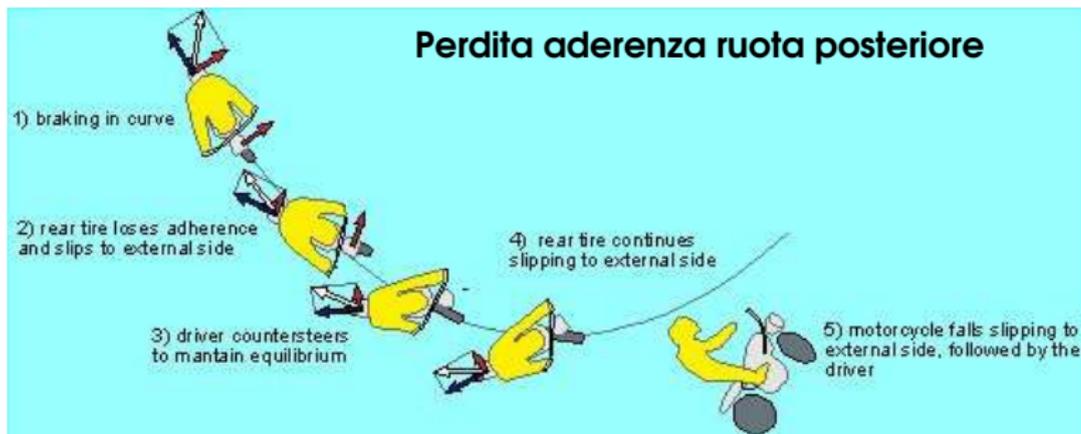




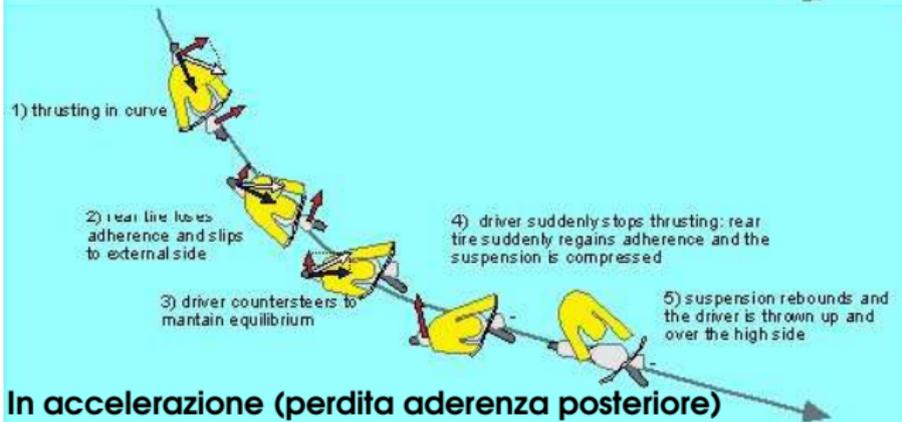
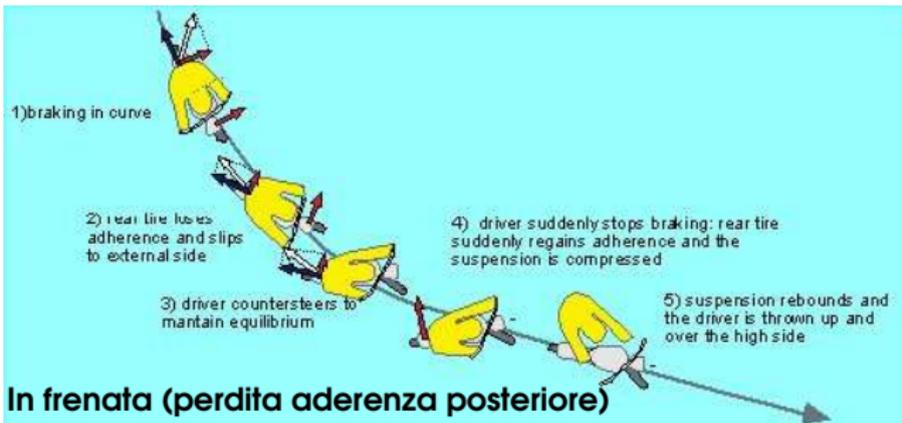




# Caduta low-side



# Caduta high-side



# Qualche esempio



eResxp7jALs (HS frenata) GD5XK3gDaLE (HS frenata) cJkEJwFwJG4 (HS acc) hzGaGEH0UJk (LS ant)

VkaiHQ6eRVw (LS post)

# Agenda

- 1 Il personaggio
  - Qualche numero
- 2 La moto e le sue parti
  - Yamaha YZR-M1 2009
- 3 La fisica della moto
  - Le forze agenti e il loro equilibrio nelle diverse fasi del GP
- 4 Il giroscopio
  - Gli effetti di una ruota che gira
- 5 La sicurezza
  - Frenata, derapata, cadute high-side e low-side
- 6 Conclusioni**
  - Domande**

## Conclusioni

# Valentino Rossi

## **CONOSCE MOLTO BENE la fisica,** **anche se non ne è cosciente!**

...Però non dimenticate che lui è il numero uno al mondo,  
voi non siete ancora così: la conoscenza della fisica e  
l'utilizzo corretto della moto vi può **salvare la vita!**

Per finire godiamoci lo spettacolo  
vO5z\_aWdhEY (Catalunya 2009)

## Conclusioni

# Valentino Rossi

## **CONOSCE MOLTO BENE la fisica,** **anche se non ne è cosciente!**

**...Però non dimenticate che lui è il numero uno al mondo,  
voi non siete ancora così: la conoscenza della fisica e  
l'utilizzo corretto della moto vi può **salvare la vita!****

Per finire godiamoci lo spettacolo  
vO5z\_aWdhEY (Catalunya 2009)

## Conclusioni

# Valentino Rossi

## **CONOSCE MOLTO BENE la fisica,** **anche se non ne è cosciente!**

**...Però non dimenticate che lui è il numero uno al mondo,  
voi non siete ancora così: la conoscenza della fisica e  
l'utilizzo corretto della moto vi può **salvare la vita!****

Per finire godiamoci lo spettacolo  
vO5z\_aWdhEY (Catalunya 2009)

# Domande?

