

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Avete mai guidato un go-kart?



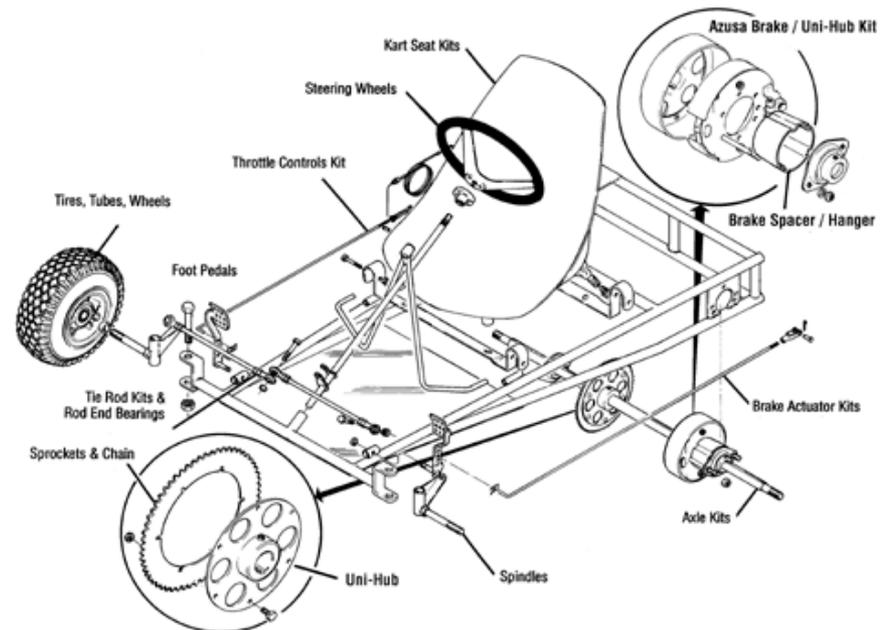
Chi l'ha fatto avrà sicuramente potuto verificare quanto sia facile perdere aderenza, e questo nonostante peso e velocità siano relativamente ridotti.

# SISTEMI DI SOSPENSIONE



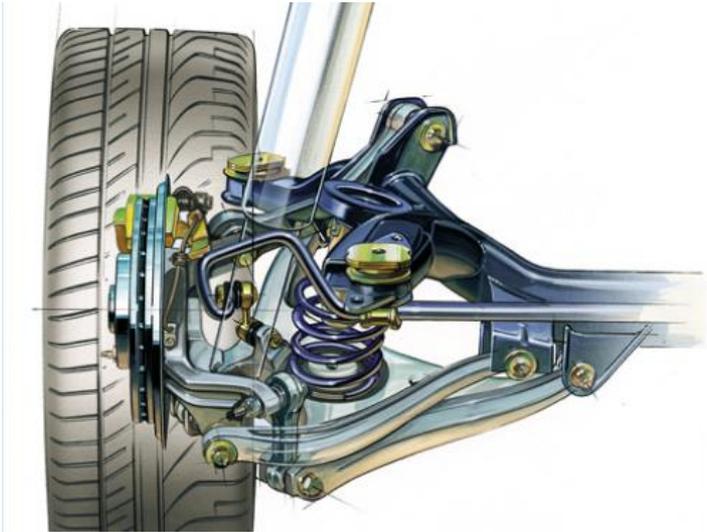
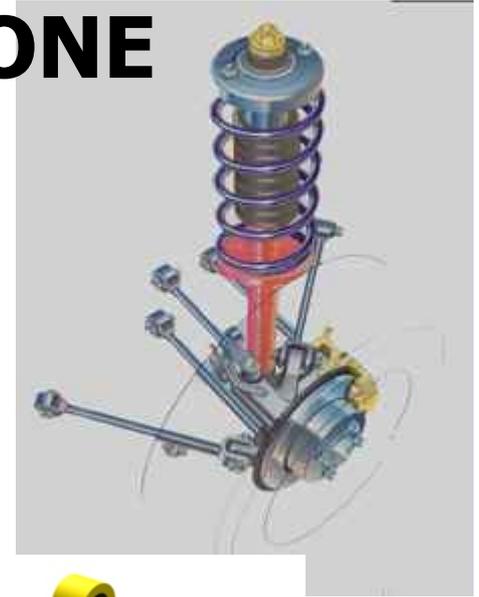
# SISTEMI DI SOSPENSIONE

Perché il go kart è totalmente privo di sospensioni e le forze che si sviluppano durante la percorrenza di una curva, in accelerazione ed in frenata, gravano totalmente sui pneumatici, mettendoli in crisi



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

Le sospensioni, sono quindi un organo importantissimo, principalmente perché intervengono direttamente su **tenuta di strada** e **stabilità** e, in secondo luogo, per il **comfort** che deriva dalla loro taratura.



# FORZA CENTRIFUGA

$$F_c = \frac{m * v^2}{r}$$



**FORZA  
CENTRIFUGA**

E' quella forza che, in percorrenza di curva, tende a "spingere" il veicolo verso l'esterno della curva stessa.

# FORZA CENTRIFUGA



**Alfa Romeo 147 – 1.6**

**Misura pneumatici  
205/55R16 91V**

**Peso del veicolo kg 1.730**

**Massa veicolo = kg 1.730**

**Velocità = 100 km/h**

**Raggio della curva = m 50**

**Massa veicolo = kg 1.730**

**Velocità = 110 km/h**

**Raggio della curva = m 50**

**+ kg 572**



**Che rappresenta il peso di .....**

# FORZA CENTRIFUGA

Cosa significa ?

Significa che **piccoli** incrementi di velocità



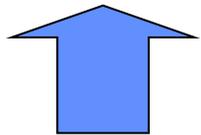
Rappresentano



**Notevoli** aumenti di forza intesa come spinta in kg gravante sui pneus

# FORZA CENTRIFUGA

In che cosa deve tradursi la forza che i pneumatici devono sviluppare per contrastare il fenomeno ?



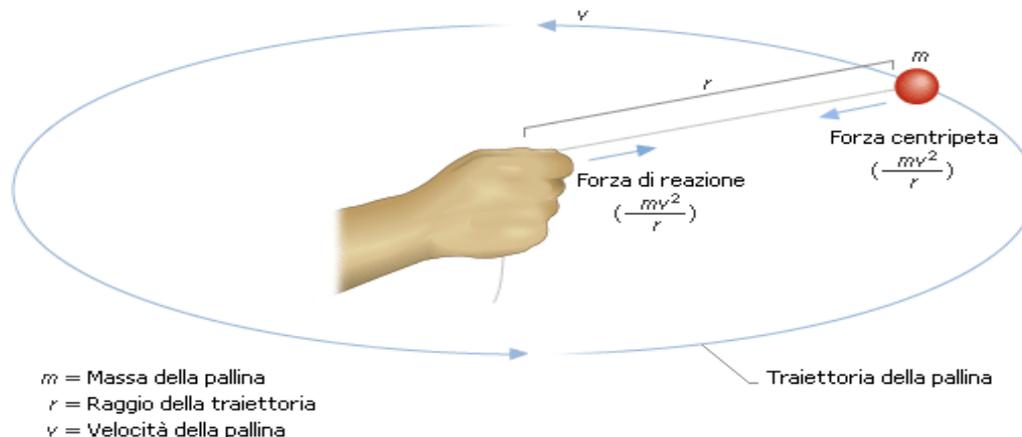
**MAGGIOR ADERENZA**

E di conseguenza si avrà

**MINOR RESA CHILOMETRICA** 

# FORZA CENTRIPETA

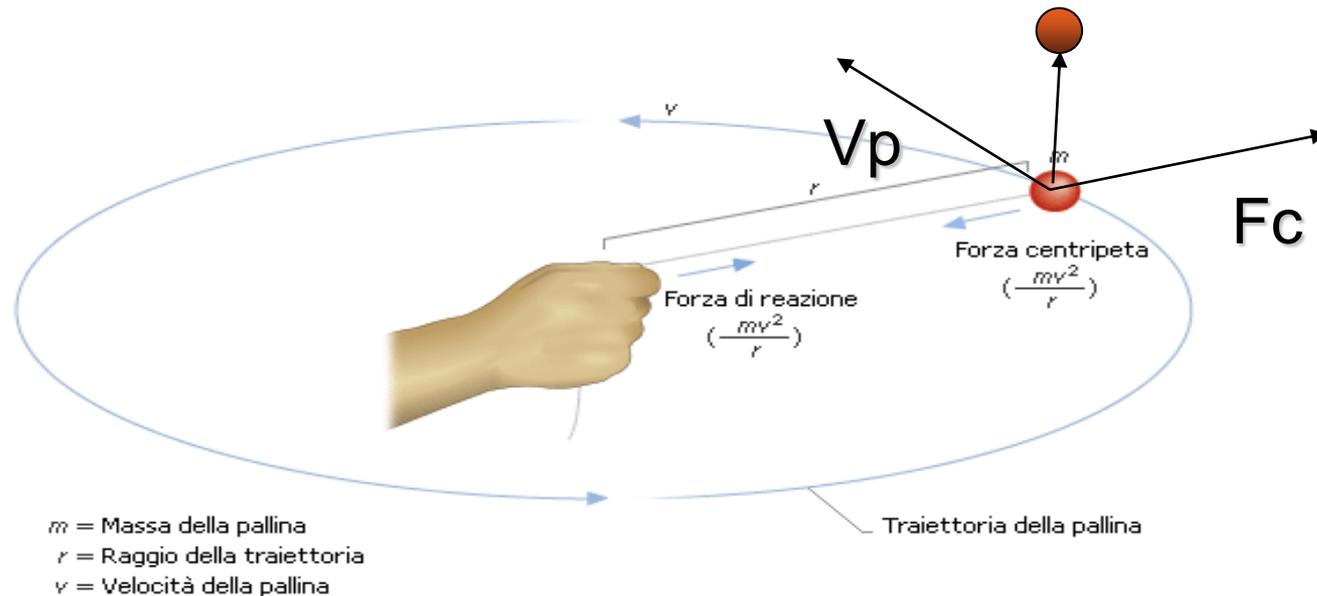
Con la stessa direzione, la stessa intensità ma di verso opposto rispetto alla Forza Centrifuga, è la Forza Centripeta ("che tende verso il centro") che rappresenta la forza necessaria a far sì che un oggetto in moto percorra una traiettoria circolare. Quando si fa ruotare in cerchio un peso fissato all'estremità di una corda, la corda fornisce la forza centripeta.



# FORZA CENTRIPETA

E se la corda si rompe?

Il peso continuerà a muoversi con una traiettoria data dalla risultante della Forza Centrifuga (in progressiva diminuzione) e dalla Velocità Periferica.



# FORZA CENTRIPETA

Quando un'automobile percorre una curva non rialzata, l'attrito fra i pneumatici e la strada deve sostenere forze trasversali sufficienti a fornire la necessaria forza centripeta per consentire la percorrenza della curva in base alla traiettoria impostata, ovvero il moto curvo.



# FORZA CENTRIFUGA

All'aumentare della Forza Centrifuga quindi, grazie all'aderenza generata dai pneumatici, aumenta di conseguenza anche la Forza Centripeta, fino ad un punto ben preciso, che è rappresentato dal limite di aderenza proprio di ogni tipologia di mescola battistrada.

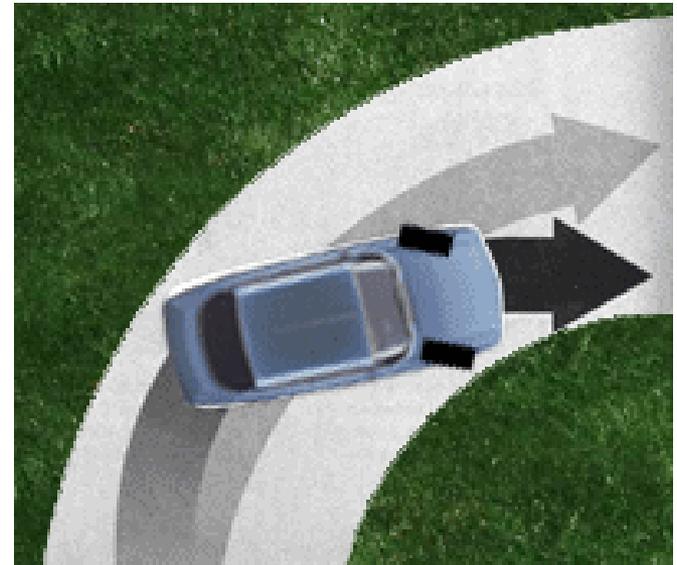
Superato tale limite subentra .....

# SOTTOSTERZO



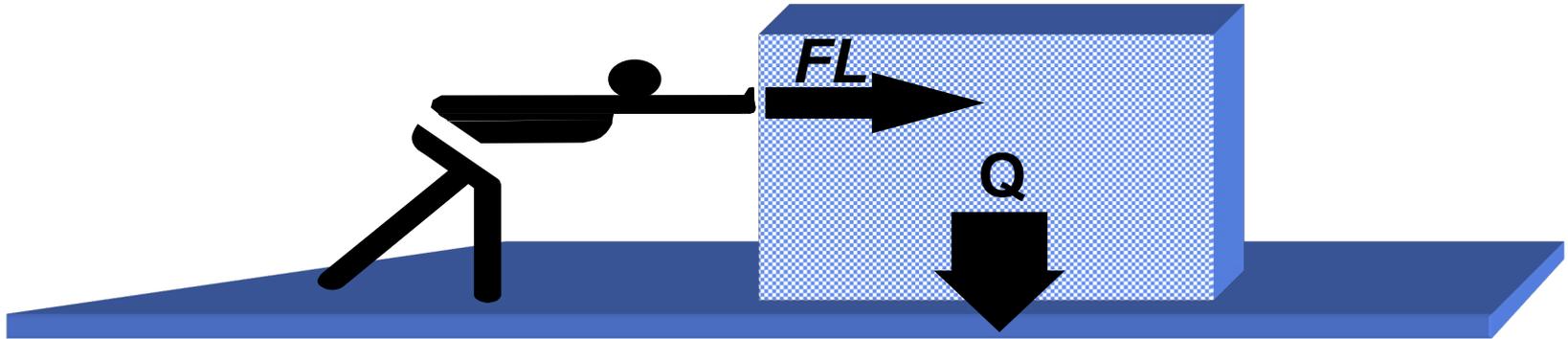
# FORZA CENTRIFUGA OPPURE SOVRASTERZO

Anche in funzione della differenza **dell'angolo di deriva** dei pneumatici dell'asse anteriore rispetto a quelli dell'asse posteriore.



# FORZA LONGITUDINALE

## Accelerazione e frenata



$$FL = \mu * Q$$

**FL (Forza Longitudinale)** = Aderenza Longitudinale

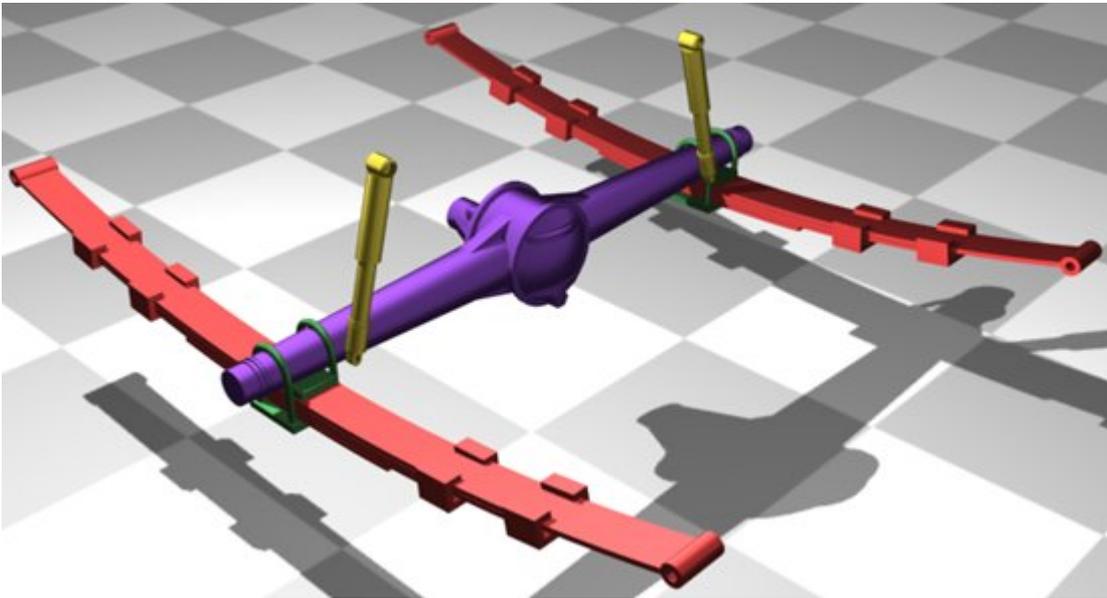
$\mu$  = **Coefficiente di attrito** allo strisciamento fra pneumatico e piano stradale

**Q** = Carico verticale

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Assale rigido

L'assale rigido è la tipologia di sospensione più semplice che esista. Consiste nel collegare le ruote di ogni lato con un semplice assale, che a sua volta viene collegato con il telaio.



Questa configurazione è spesso usata nei fuoristrada dove l'escursione e la robustezza della sospensione è di primaria importanza

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Assale Rigido

### VANTAGGI

- ✓ Robustezza
- ✓ Semplicità costruttiva
- ✓ Mantenimento valori di convergenza e campanatura

### SVANTAGGI

- ✓ Scarso confort
- ✓ Tenuta di strada non ottimale
- ✓ Peso (masse non sospese)

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Solid-axle, coil-spring

E' una variazione del ponte fisso, nel quale però le balestre sono state sostituite con una molla ed un ammortizzatore.



L'asse è unito al telaio del veicolo tramite bracci di accoppiamento. Le parti anteriori di questi sono fissate al telaio, le parti posteriori all'asse.

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Ponte De Dion

Il **Ponte DeDion** differisce rispetto al ponte rigido, per la dislocazione degli organi di trasmissione (cambio e/o differenziale) che, in questo caso, sono fissati alla scocca anziché gravare sul gruppo sospensioni, diventando quindi parte delle "masse sospese".

Attualmente è in disuso,  
ed è presente solamente  
sulla Smart

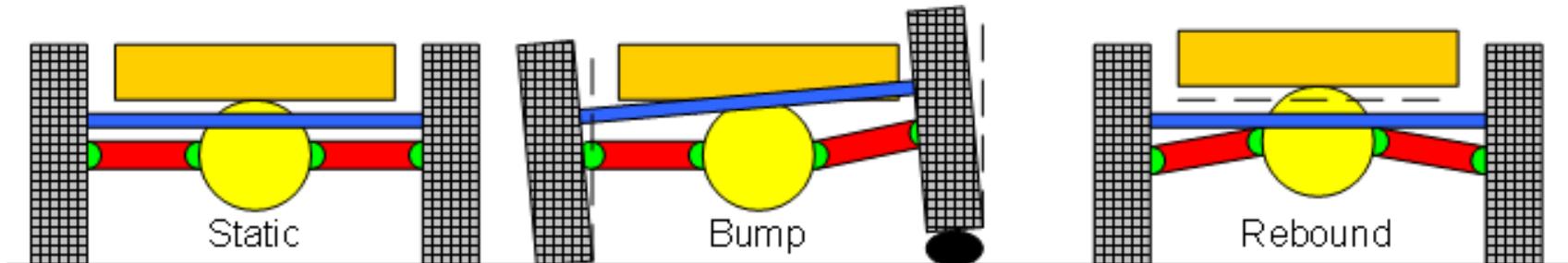


# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Ponte De Dion

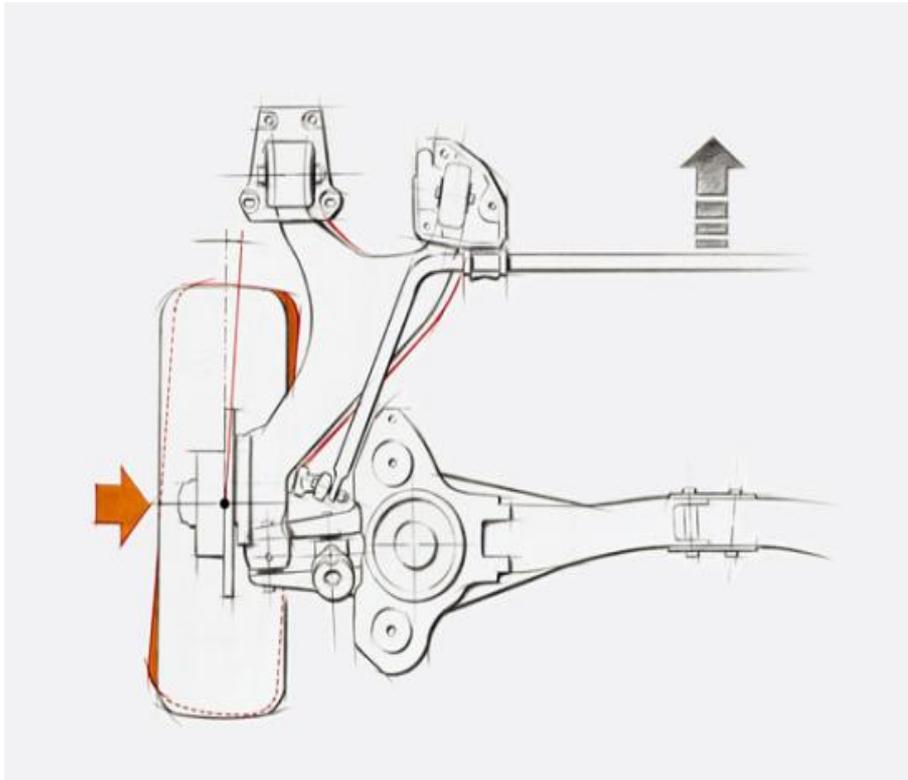
La configurazione De Dion elimina uno degli svantaggi più gravi del Ponte Fisso, vale a dire il peso delle masse non sospese.

Questa configurazione permette infatti al differenziale di essere collegato direttamente al telaio, spostando il suo peso nelle masse sospese, con ovvi benefici sulla leggerezza della sospensione la sua inerzia e di conseguenza il suo comportamento.



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Bracci Longitudinali



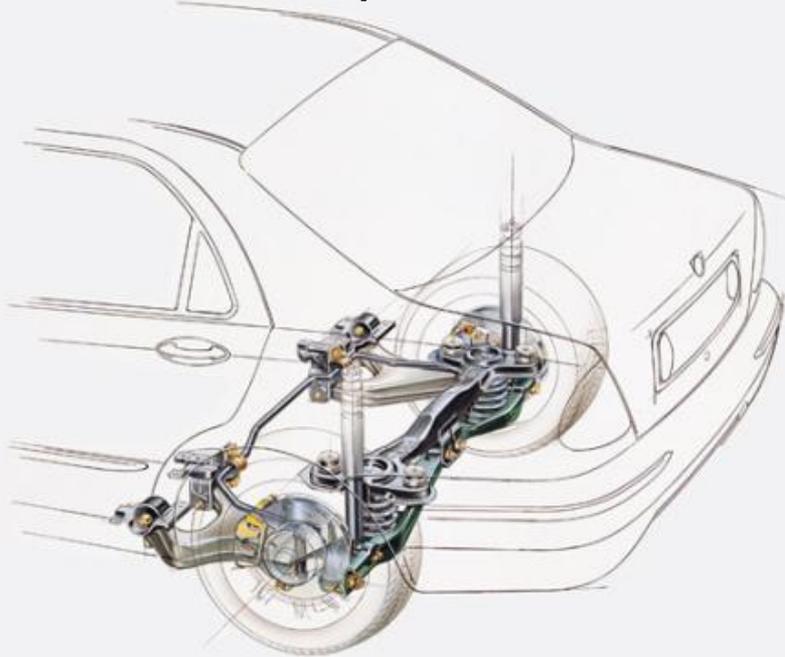
Molto diffuse sulle vetture di classe media fino a pochi anni fa, hanno rappresentato l'inizio della sospensione a ruote indipendenti, in cui ogni ruota ha i suoi elementi portanti.

In questo caso un braccio per ogni ruota, disposto parallelamente rispetto al senso di marcia.

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Bracci Longitudinali

Sospensione molto semplice riesce a mantenere la ruota parallela al piano stradale nella marcia in rettilineo, ma ha scarsa capacità nell'assorbire le forze trasversali, qualità fondamentale per la tenuta di strada in curva.

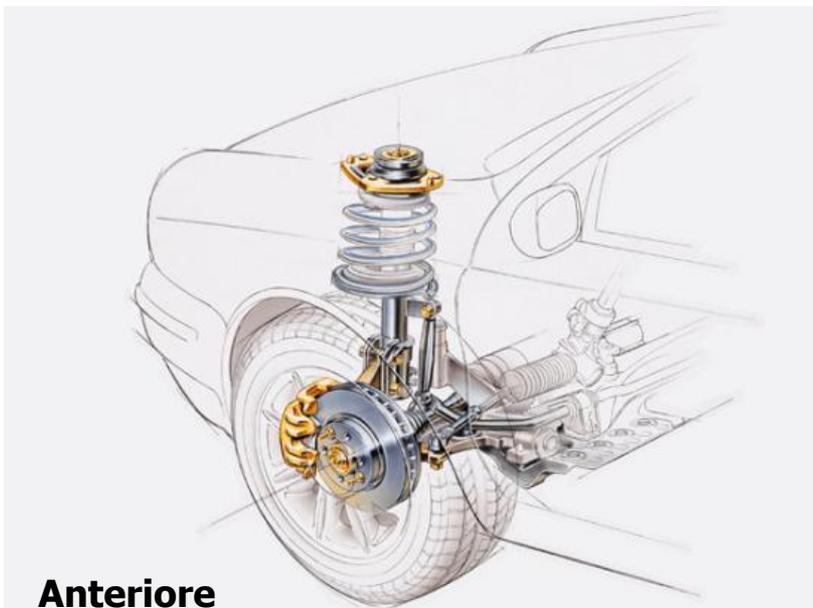


Le sospensioni a bracci longitudinali, come le altre sospensioni a ruote indipendenti, richiedono la presenza di barre di torsione stabilizzatrici per realizzare un collegamento elastico tra ruote dell'asse, impedendone movimenti eccessivamente "indipendenti", nocivi per la stabilità.

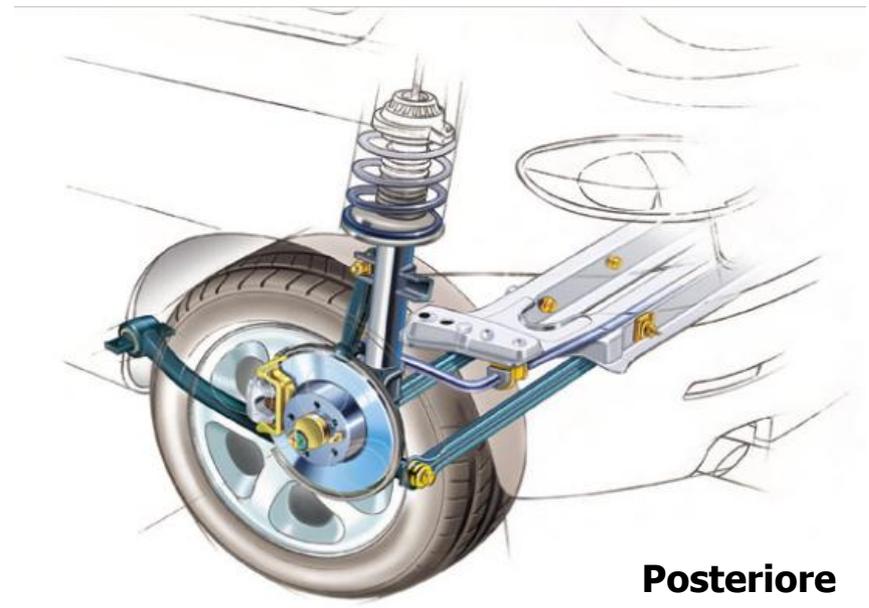
# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Schema McPherson

La tipologia di sospensione più diffusa è il sistema "McPherson", che in circa trent'anni di diffusione è riuscito ad affermarsi soprattutto per quanto riguarda la geometria dell'avantreno nelle vetture a trazione anteriore



**Anteriore**



**Posteriore**

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Schema McPherson

Si tratta di un sistema a ruote indipendenti in cui l'ammortizzatore svolge la duplice funzione di elemento sia smorzante sia portante, operando assieme ad un braccio trasversale nel condurre il mozzo durante l'oscillazione.



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Schema McPherson

### VANTAGGI

- ✓ ridotto ingombro
- ✓ possibilità di calibrare le variazioni d'assetto della sospensione sotto carico
- ✓ grande semplicità costruttiva
- ✓ notevole risparmio in fase di produzione rispetto ad altre soluzioni.

### SVANTAGGI

- ✓ in escursione, causa variazioni di convergenza e di campanatura
- ✓ non riesce a mantenere la ruota parallela al suolo

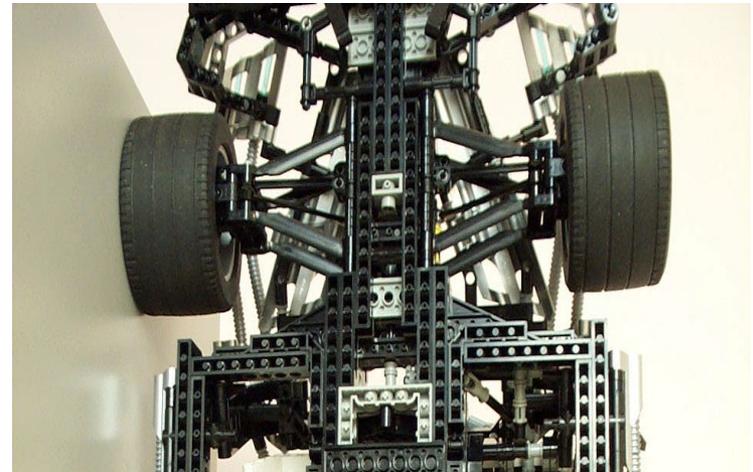
I vantaggi pratici superano però di gran lunga gli svantaggi e questo è il motivo della sua affermazione

# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Quadrilateri Deformabili

Si tratta del più classico schema e anche del più efficace, non a caso viene utilizzato sulle vetture di formula1. E' uno schema molto efficace ma di difficile installazione, a causa del notevole ingombro. Era diffuso, infatti, sulle vetture a motore longitudinale.

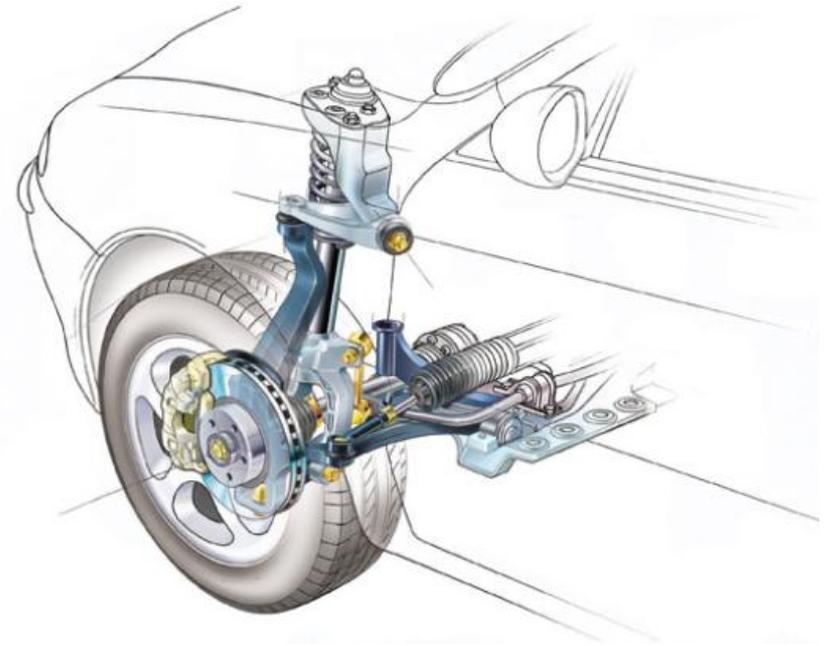
Solo con questo sistema si può avere una sospensione a ruote indipendenti che riesca anche a mantenere la ruota parallela al terreno, senza variazioni di campanatura. Dal quadrilatero deformabile classico sono nati due schemi, il quadrilatero alto ed il multilink.



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Quadrilatero Alto

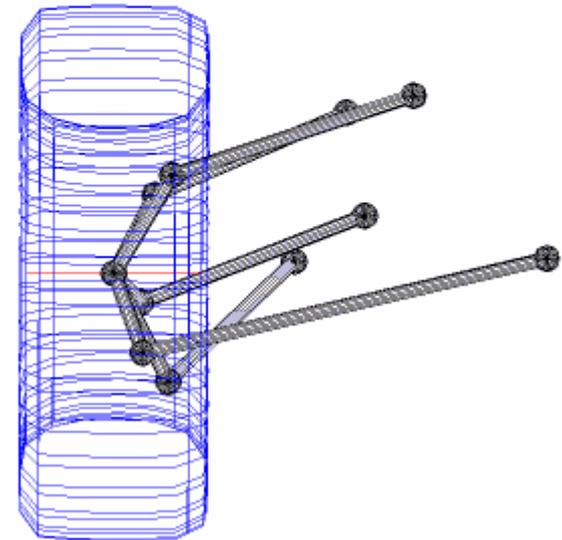
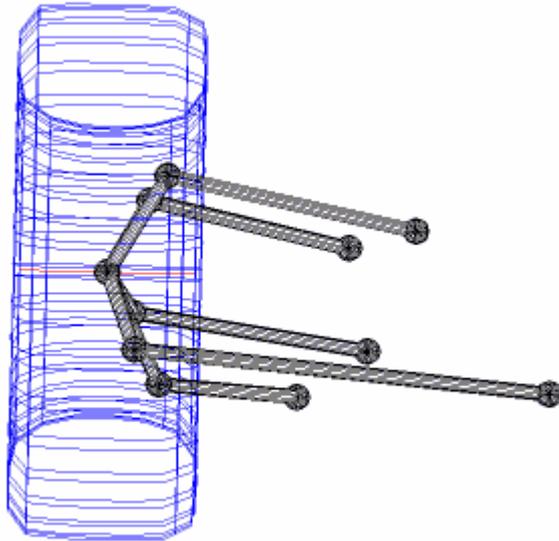
Il "**quadrilatero alto**", invece, è una variante del McPherson in cui l'ammortizzatore ha perso la funzione di elemento portante ed è situato molto più in alto rispetto all'omologo della sospensione classica. Abbinando il quadrilatero alto all'avantreno con sospensioni McPherson o Multilink al retrotreno si garantiscono, per una berlina, i migliori risultati in termini di comportamento, specie se assistiti dalla gestione elettronica della dinamica del veicolo.



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Multilink

Il **multilink** è un sistema composto da bracci e articolazioni in grado di rendere estremamente precisi i movimenti della ruota.

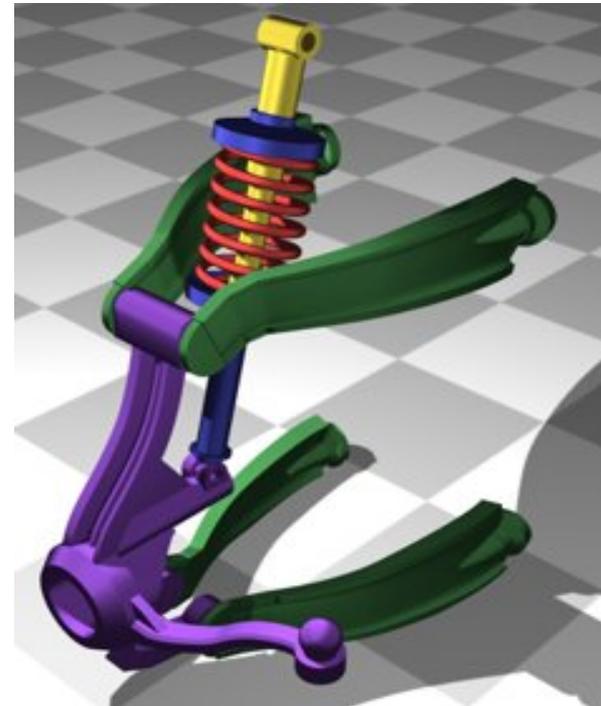


# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Multilink

Ogni braccio è indipendente così da consentire, in dinamica, una costante regolazione geometrica della sospensione.

In questo modo una ruota lavora costantemente in posizione perpendicolare rispetto al suolo e parallela rispetto alla direzione di marcia.



# SISTEMI DI SOSPENSIONE

## Multilink

Le ruote, come ogni oggetto nello spazio, hanno sei possibilità di movimento, sei gradi di libertà: avanti e indietro, salire, scendere e spostarsi lateralmente. Inoltre possono ruotare attorno ai tre assi: verticale, longitudinale e trasversale. Lasciando alle ruote solo la possibilità di muoversi verticalmente e, per quelle anteriori, anche di sterzare, si hanno cinque e quattro gradi di libertà da bloccare rispettivamente. Con cinque aste di collegamento alle ruote posteriori e quattro alle anteriori, cioè tramite le apprezzate sospensioni multilink possiamo quindi guidare la ruota nel suo movimento verticale in modo da avere sempre la posizione più favorevole per il comportamento della vettura.

# **EFFETTI SULLA SICUREZZA DI UNA SOPENSIONE IN CATTIVE CONDIZIONI**

Una sospensione in cattive condizioni provoca su strada:

- **Ridotta capacità di frenatura**
- **Ridotta tenuta di strada**
- **Ridotta tenuta sul bagnato**
- **Fatica del guidatore**

# EFFETTI SULLA SICUREZZA DI UNA SOPENSIONE IN CATTIVE CONDIZIONI

## Ridotta capacità di frenatura

Tests effettuati hanno dimostrato che lo spazio di frenata a 80 km/h, aumenta di 2,6 metri.



# EFFETTI SULLA SICUREZZA DI UNA SOPENSIONE IN CATTIVE CONDIZIONI

## Ridotta tenuta di strada

Con un ammortizzatore al 50% di efficienza, la velocità massima di sicurezza in percorrenza di curva si riduce di oltre il 10%



# EFFETTI SULLA SICUREZZA DI UNA SOPENSIONE IN CATTIVE CONDIZIONI

## Ridotta tenuta sul bagnato

Notevole anticipo del fenomeno di aquaplaning



# EFFETTI SULLA SICUREZZA DI UNA SOSPENSIONE IN CATTIVE CONDIZIONI

## Fatica del guidatore

Una sospensione in buone condizioni riduce le accelerazioni subite dal guidatore e quindi il suo affaticamento, sia in senso laterale (curva) che longitudinale (frenata).

Il diverso senso di stanchezza dopo un viaggio su una grossa berlina o su una utilitaria, è proprio dovuto al diverso dimensionamento delle sospensioni e del rapporto tra masse sospese e masse non sospese.

