

Le sospensioni

▲ di Gianpaolo Riva

*Sono elementi nascosti
alla vista dell'automobilista.
Assicurano comfort e
tenuta di strada e perciò
la loro funzione è
indispensabile e fondamentale
per la sicurezza attiva.
Analizziamo alcuni principi
sulle sospensioni, utili per
chiarire i concetti
che stanno alla base
del loro funzionamento.*



Se una vettura fosse sprovvista di sospensioni, subirebbe sollecitazioni elevate dalle asperità ed irregolarità del terreno su cui si muove. Il comfort di marcia sarebbe inesistente e in alcuni casi addirittura le ruote si staccerebbero dal terreno, annullando la tenuta di strada e cioè la capacità di seguire la traiettoria impostata dal conducente. Le sospensioni assorbono dunque le irregolarità del terreno ed oltre ad isolare l'abitacolo dalle sollecitazioni trasmesse dalle ruote, fanno sì che queste ultime rimangano sempre appoggiate al terreno stesso, garantendo l'indispensabile direzionalità. In sintesi si può definire l'abitacolo della vettura, il telaio e il gruppo motopropulsore con il termine di massa sospesa, mentre le ruote (cerchio, gomma, impianto dei freni e parte della trasmissione) sono la massa non sospesa. L'unione

Le sospensioni assorbono le irregolarità del terreno ed oltre ad isolare l'abitacolo dalle sollecitazioni trasmesse dalle ruote, fanno sì che queste ultime rimangano sempre appoggiate al terreno stesso, garantendo l'indispensabile direzionalità.

tra queste due parti è garantita dalla sospensione composta da un sistema elastico (il pneumatico, l'aria con il quale è gonfiato, la molla o la balestra o la barra di torsione in funzione dello schema impiegato) e da un elemento smorzatore (l'ammortizzatore). Quando una ruota supera una irregolarità del terreno si solleva e l'elemento elastico della sospensione si comprime immagazzinando energia. In una seconda fase l'elemento elastico si estende facendo alzare la massa non sospesa. Segue poi una ulteriore compressione causata dal peso della struttura del veicolo. Il processo continua con un andamento ondulatorio, fino a quando gli inevitabili attriti lo fanno lentamente terminare. L'ammortizzatore deve controllare e smorzare queste oscillazioni che si ripetono con una precisa frequenza ed ampiezza stabilita dai

parametri fisici della sospensione. In questo modo è perciò possibile modulare e modificare il lavoro dell'elemento elastico.

Esistono diversi tipi di ammortizzatori ma quelli maggiormente utilizzati in campo automobilistico sono telescopici ed idraulici.

Una estremità dello smorzatore (l'ammortizzatore) è collegato al braccio della sospensione e cioè alla massa non sospesa, mentre l'altra estremità è collegata ad un supporto specifico (il duomo) ricavato sulla massa sospesa e cioè sul telaio del veicolo.

L'ammortizzatore assorbe e dissipa l'energia immagazzinata dalla molla, sfruttando l'azione di un dispositivo idraulico posizionato nel suo involucro circolare (tubo) che contiene olio.

Più è veloce il movimento dello stelo dell'ammortizzatore, maggiore sarà il lavoro che occorre compiere per spostarlo (il suo movimento diventa più difficoltoso).

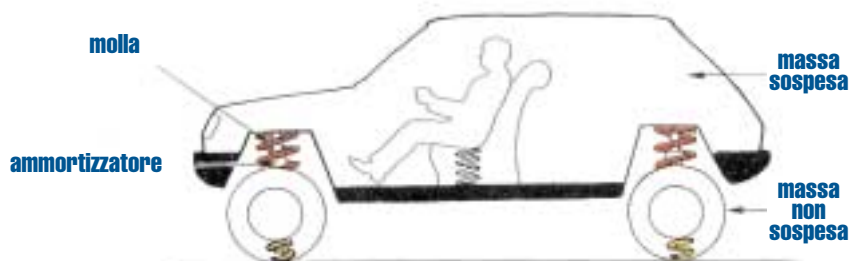
Sulla estremità dell'ammortizzatore (lo stelo) che scorre nell'interno dell'involucro tubolare, è fissato un pistone che separa due camere. Quando lo stelo si muove l'olio deve spostarsi da un volume all'altro, passando attraverso delle valvole specifiche (solitamente lamelle) montate sul pistone e opponendo perciò resistenza alla traslazione dello stesso stantuffo. Come è intuitivo immaginare se si cambia la conformazione delle valvole o la densità dell'olio, varia radicalmente il funzionamento dell'ammortizzatore. Esso dissipa l'energia immagazzinata dalla molla trasformandola in calore, generato dalla compressione del fluido all'interno dell'involucro tubolare e dalla sua laminazione (passaggio) attraverso le lamelle sul pistone.

Poiché le caratteristiche dell'olio variano in funzione della temperatura è facile intuire che lo smorzatore avrà un comportamento diverso a seconda dello suo stato termico.

Se infatti non è possibile raffreddarlo per smaltire il calore che genera o è montato vicino a fonti di calore (ad esempio un tubo del sistema di scarico del motore), avrà un funzionamento sensibilmente variabile (lo smorzamento sarà elevato nei primi istanti di movimento a freddo e poi diminuirà man mano che aumenta la temperatura).

In alcuni tipi di ammortizzatori detti a gas una parte del tubo è riempita con gas (azoto) alla pressione di 20 - 30 bar. Un separatore mobile lo divide dall'olio. In condizioni di riposo il gas agisce sul separatore e sull'olio, mantenendo il pistone e perciò lo stelo nella posizione di fine corsa. L'ammortizzatore rimane dunque completamente esteso.

Quando invece lo stelo si muove sollecitato da una irregolarità stradale, il pistone si sposta nel volume



d'olio e quello in pressione che si trova sopra di esso, muove il separatore mobile che a sua volta comprime il gas.

La pressione di questo gas viene sfruttata anche per compensare le variazioni del volume nel tubo che contiene l'olio, che avvengono durante il movimento dello stelo. Negli ammortizzatori senza gas, attorno al cilindro nel quale scorre lo stantuffo, esiste una camera concentrica che contiene l'olio di riserva che può entrare od uscire dal volume nel quale scorre il pistone, attraversando specifiche valvole. Tale compensazione è necessaria poiché lo stelo penetrando nell'ammortizzatore od uscendo dallo stesso, occupa o libera una frazione di spazio che deve essere necessariamente riempita o liberata dall'olio.

In sintesi il volume in cui si muove lo stantuffo non è costante. Il dimensionamento della sospensione influisce anche sulla altezza da terra della vettura. In condizioni statiche (e cioè con vettura ferma) il sostentamento delle masse sospese è unicamente

La massa sospesa è data dall'abitacolo, dal telaio e dal gruppo motopropulsore (motore - cambio), quella non sospesa è data dalla ruota e da una parte della trasmissione e cioè: dal pneumatico, dal cerchio, dall'impianto dei freni (disco o tamburo), da una parte di semiasse e da una parte degli elementi della sospensione.

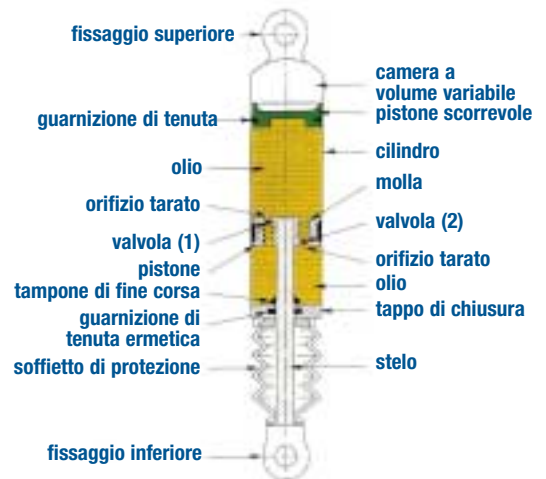


Se la vettura non avesse le sospensioni e perciò ci fosse un collegamento rigido tra telaio e ruote, sobbalzerebbe su ogni asperità del terreno. Con le sospensioni le asperità possono essere "assorbite" dall'elemento elastico. Aumenta in questo modo il confort e i pneumatici stanno sempre aderenti al suolo.

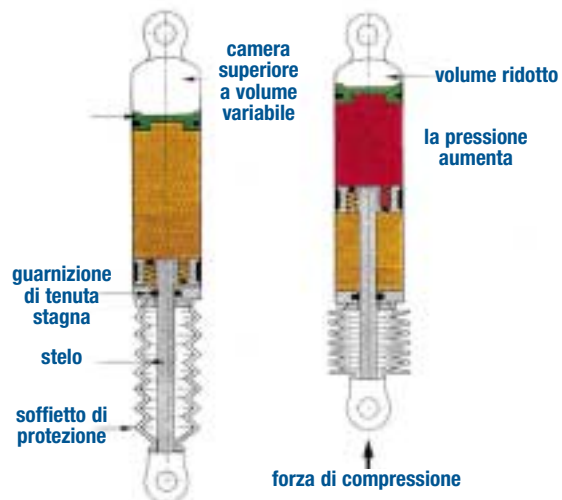
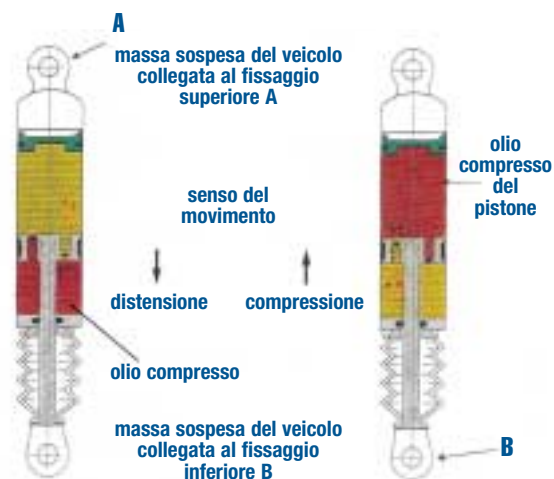
Le sospensioni



Quando il veicolo sale su un ostacolo presente sul piano stradale, la sospensione inizia ad oscillare con una frequenza ed una ampiezza stabilite dalle caratteristiche fisiche del sistema meccanico. L'ammortizzatore viene utilizzato per controllare e smorzare queste oscillazioni. (La vettura si muove su un piano perfettamente orizzontale, sale sull'ostacolo e la sospensione viene compressa, la sospensione si estende, la sospensione si comprime ancora per effetto del peso della vettura).

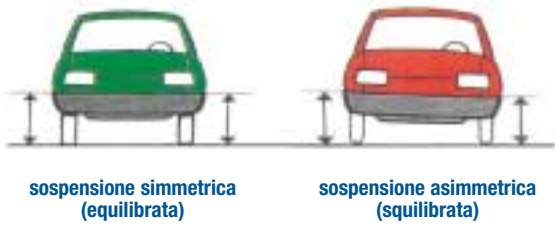


Il disegno mostra le parti principali di un ammortizzatore con gas (posto nella camera a volume variabile). Le valvole 1 e 2 sono unidirezionali e lasciano passare perciò l'olio in un solo verso (opposto per ciascuna delle due valvole). L'occhiello superiore ed inferiore, applicati allo stelo e al corpo tubolare, permettono di fissare l'ammortizzatore al telaio (massa non sospesa) e alla sospensione (massa sospesa).



L'olio dell'ammortizzatore viene compresso nella parte superiore od inferiore del volume, in funzione del movimento dello stelo. Passa da un volume all'altro attraverso le valvole che si trovano sul pistone. Con questo particolare funzionamento, l'ammortizzatore è in grado di smorzare le oscillazioni dell'elemento elastico.

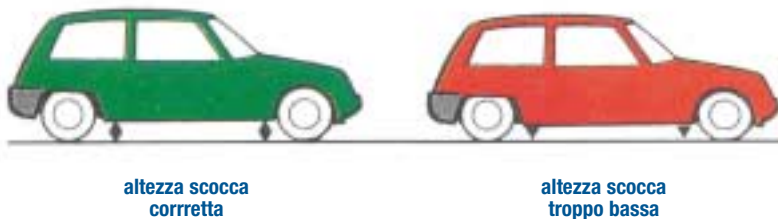
Se l'ammortizzatore ha separatore mobile con volume superiore riempito con gas in pressione, quando è a riposo lo stelo rimane completamente esteso (posizione di sinistra). Diversamente quando lavora il separatore mobile si sposta comprimendo il gas sopra di esso. In questo modo è possibile compensare le variazioni di volume dovute all'ingresso ed uscita dello stelo nell'ammortizzatore.



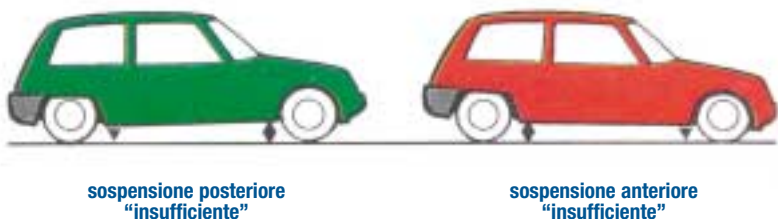
Se la sospensione è correttamente progettata e i pesi sulla vettura sono ben distribuiti, le altezze sono uguali tra gli estremi della carreggiata anteriore e posteriore. Diversamente il veicolo "pende" da un lato.

dovuto agli elementi elastici. Se questi sono stati correttamente progettati, la vettura è equilibrata e cioè su ogni asse grava una frazione specifica del suo peso complessivo (normalmente sull'asse anteriore il peso è più elevato di quello presente sull'asse posteriore).

Il peso sostenuto da ogni asse è a sua volta equamente diviso tra le due ruote dell'asse stesso. In caso in cui gli elementi elastici non siano stati correttamente dimensionati la vettura può essere troppo bassa (rischio di sfregamento sul suolo in presenza di ostacoli sporgenti), sbilanciata troppo verso l'avantreno, il retrotreno o verso uno dei due lati. In casi come questi se la vettura viene sollecitata e cioè viene perturbato il suo stato di equilibrio, oscilla lungo la diagonale ideale che unisce i centri delle due ruote sulle quali grava il maggior carico. Tutti gli elementi fino ad ora descritti, concorrono alla definizione dell'assetto della vettura e perciò in ultima analisi al suo comportamento dinamico e cioè



L'elemento elastico della sospensione influisce sulla altezza sottoscocca e cioè sulla distanza tra telaio della vettura e il terreno. Questa distanza viene stabilita dal costruttore, per garantire un utilizzo corretto del veicolo in tutte le condizioni.



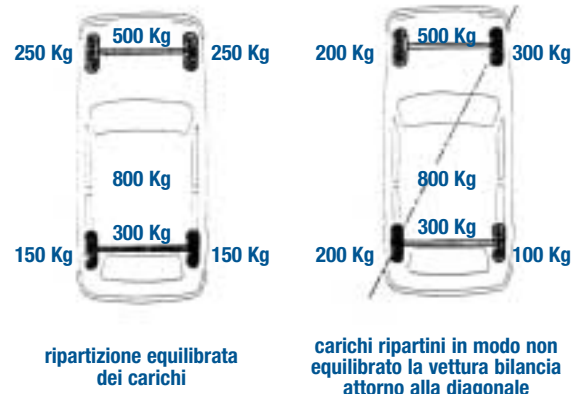
Se gli elementi elastici della sospensione anteriore o posteriore non sono conformi, allora la vettura picchierà (immagine destra con parte anteriore rivolta verso il basso) o cabrerà (immagine sinistra con parte anteriore rivolta verso l'alto).

alla tenuta di strada (il mantenimento della traiettoria impostata dal conducente e la facilità di variare tale traiettoria).

Per definire i possibili movimenti del corpo del veicolo si individuano su di esso degli assi ideali che partono dal suo centro di gravità (baricentro).

C'è dunque un asse longitudinale, uno trasversale ed uno verticale.

Il baricentro è un punto ideale determinato dalla distribuzione delle masse della vettura, sul quale sono applicate le forze peso e quelle di inerzia a cui è sottoposto il veicolo durante il suo movimento.



Quando i pesi non sono ben distribuiti su ogni ruota, se la vettura viene perturbata dal suo stato di equilibrio, oscilla attorno alla diagonale che unisce le ruote sulle quali grava la massa maggiore.

G: baricentro
 G-X: Asse longitudinale
 G-Y: Asse trasversale
 G-Z: Asse verticale



Questi sono gli assi ideali rispetto ai quali si sviluppano i movimenti della vettura. Il baricentro è il punto sul quale si esercita l'azione della massa complessiva e dove vengono applicate le forze di inerzia che si generano durante il movimento del veicolo.

Le sospensioni



Il movimento attorno all'asse G-Y si definisce "beccheggio"

Lo spostamento attorno all'asse trasversale, provoca una cabrata (impennata) o una picchiata (schiacciata). Questi due movimenti sono detti beccheggio.



Il movimento attorno all'asse G-X si definisce "rollio"

Il movimento di rollio si sviluppa attorno l'asse longitudinale. Provoca un coricamento laterale della vettura.



Il movimento attorno all'asse G-Z si definisce "imbardata"

L'imbardata è la rotazione della vettura attorno all'asse verticale che ha origine come quello trasversale e longitudinale, dal baricentro.



Nella figura sono rappresentate le principali cause che agiscono sulla tenuta di strada della vettura. Il cambiamento di assetto può essere provocato da una accelerazione, da una frenata e da una curva. Può essere variato staticamente agendo anche sugli elementi elastici della sospensione.

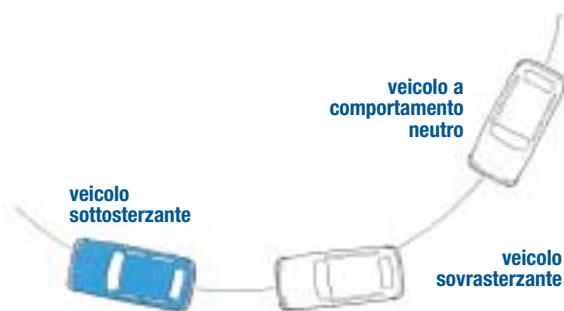
Le forze di inerzia sono funzione della massa e della sua accelerazione, così ad esempio esse sono generate durante l'accelerazione, la decelerazione o la variazione della traiettoria (curva).

L'assetto del veicolo è fortemente influenzato da queste forze e la tenuta di strada dipende in sostanza da esso e cioè da come sono state progettate le sospensioni.

Attorno all'asse trasversale che ha come origine il baricentro, si generano i movimenti longitudinali (impennata o cabrata e cioè il beccheggio).

Attorno all'asse longitudinale che ha sempre come origine il centro di gravità, sono misurati i movimenti di inclinazione trasversale (il rollio).

Mentre su quello verticale con origine dal baricentro, viene misurata l'imbardata e cioè la rotazione o sbandata. E' dunque intuitivo capire che un veicolo è confortevole e stabile (e cioè ha una buona tenuta di strada), quando questi tre movimenti (beccheggio, rollio, imbardata) sono limitati e non influenzano sulla traiettoria imposta dal conducente, quando è possibile impostare e percorrere con facilità una curva e quando il conducente può con facilità raddrizzare le ruote anteriori dopo aver variato la traiettoria. Le forze che perturbano il movimento di una vettura indipendenti dalla guida imposta dal conducente, possono essere generate da un particolare fondo stradale, dal cambiamento di assetto (vettura troppo o malamente caricata), dal vento e dalle condizioni atmosferiche avverse che limitano l'aderenza tra pneumatici e asfalto.



Durante la percorrenza di una curva il comportamento dinamico del veicolo può essere: neutro (viene mantenuta la traiettoria impostata), sovrasterzante (viene "chiusa" la curva), sottosterzante (viene "aperta" la curva). Questi comportamenti sono influenzati dal tipo di sospensione e dalla distribuzione dei pesi della vettura e cioè in ultima analisi dal suo assetto.



In questa immagine è evidente il coricamento che subisce la vettura (rollio) a causa della forza centrifuga che agisce sul baricentro e che si genera durante la percorrenza di una curva.



Anche le forze aerodinamiche, che si generano alle elevate velocità a causa della pressione dell'aria che scorre sopra e sotto la carrozzeria, possono notevolmente variare l'assetto. Le vetture vengono progettate per generare forze deportanti e cioè che premono il veicolo verso il suolo, migliorando la sua tenuta di strada.