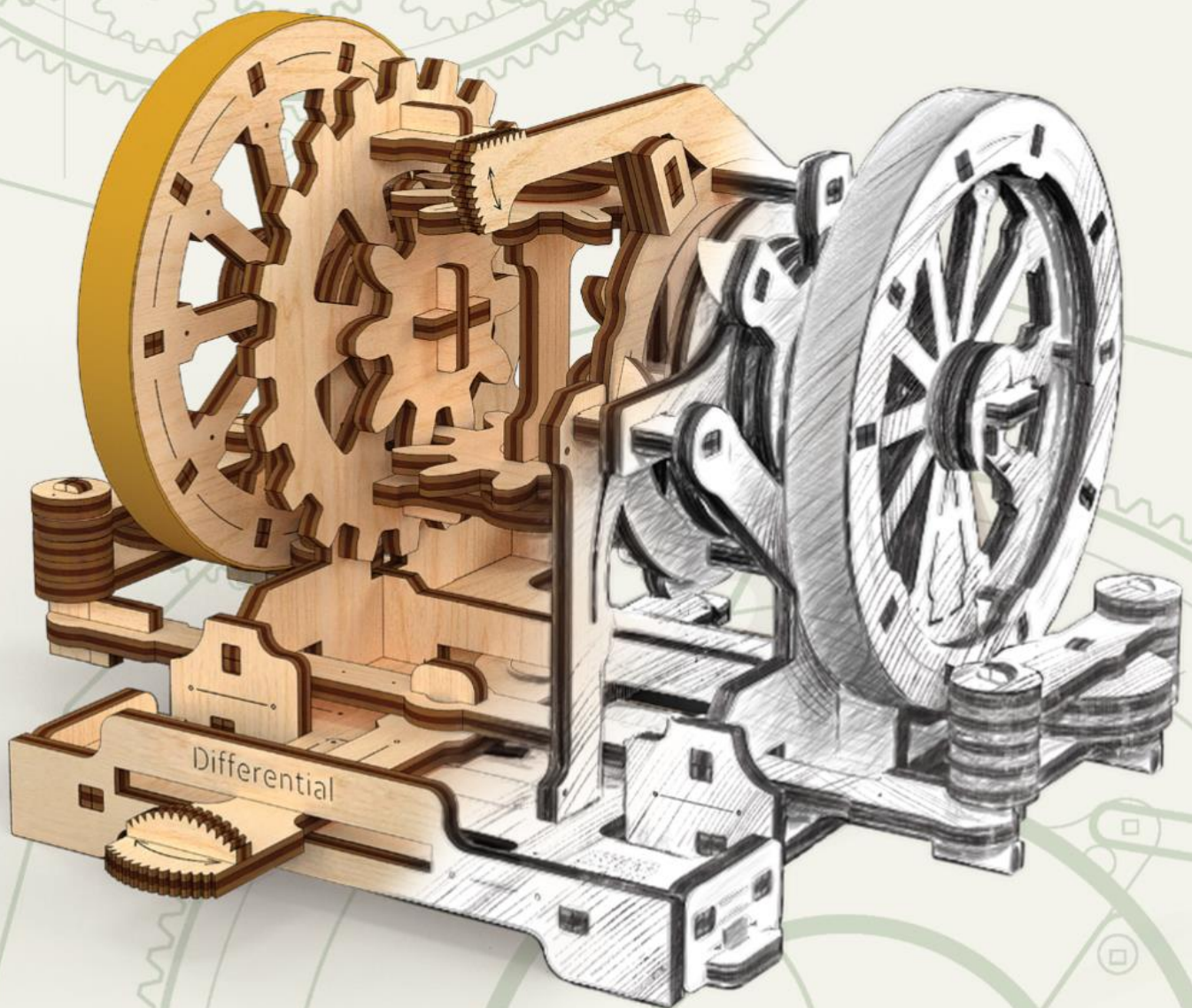


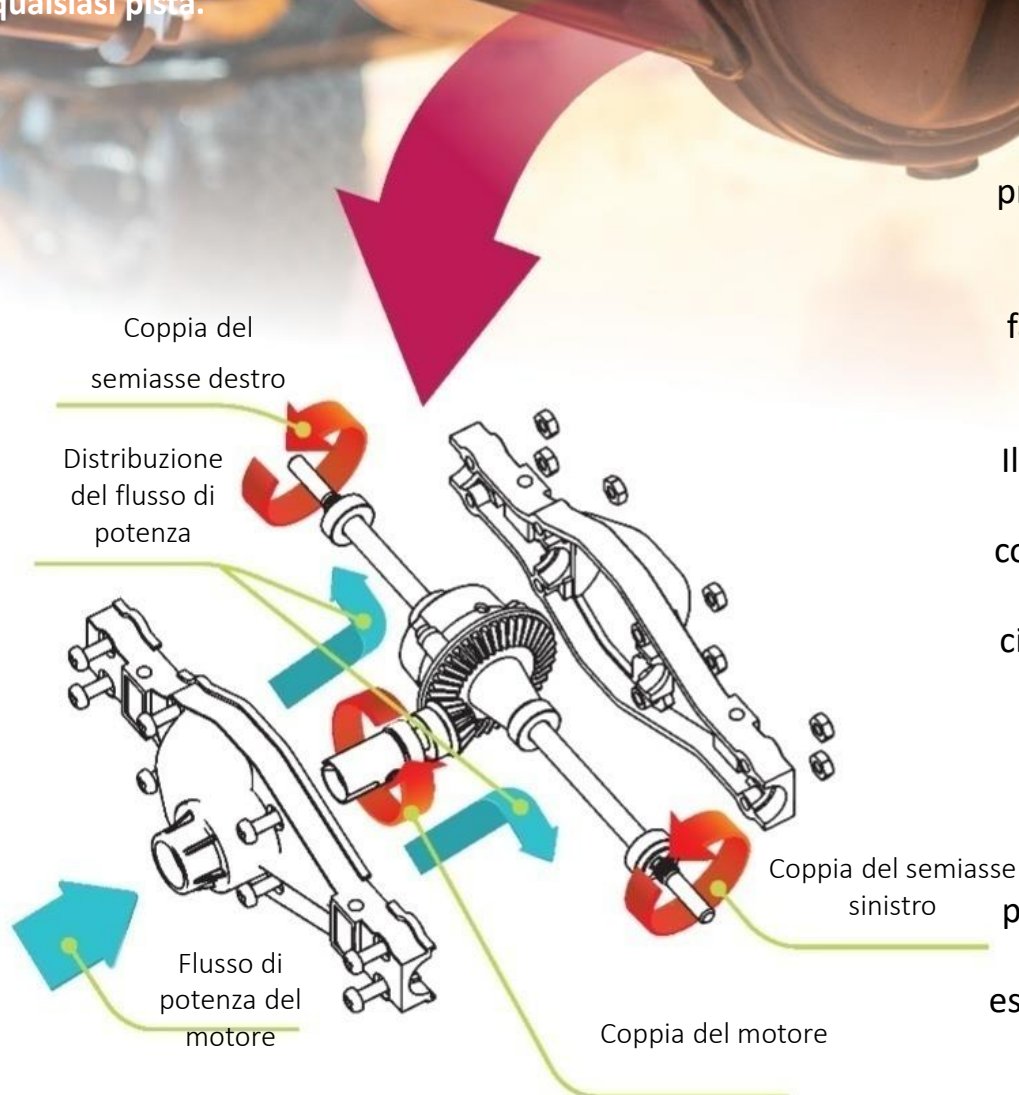
MODELLO MECCANICO DIFFERENZIALE



IL MANUALE DEL PICCOLO INGEGNERE

§1 INTRODUZIONE

L'auto moderna ha molte parti e dettagli. Ognuno di essi è molto importante. Certamente, non si andrebbe lontano in un'auto senza motore, né ruote, né, per esempio, il pedale dell'acceleratore. Oggi vogliamo guardare uno dei meccanismi più essenziali: il differenziale. Il dispositivo che gioca un ruolo importante nel mantenere la stabilità di un'auto e la mantiene stabile e veloce su qualsiasi pista.



I differenziali sono usati principalmente nelle trasmissioni automobilistiche*. La loro funzione principale è quella di facilitare lo sterzo e migliorare la manovrabilità di un veicolo.

Il differenziale trasmette e divide la potenza del motore e la coppia** in due flussi tra le ruote dello stesso asse (così come i cingoli o le eliche utilizzati in altri veicoli). Questo permette alle ruote di ruotare a diverse velocità rendendo il veicolo più stabile, senza scivolare, riducendo l'usura degli pneumatici se una delle ruote ha scarsa aderenza alla strada. Per esempio, quando si gira o si guida su superfici scivolose.

Poi, imparerete in dettaglio a cosa serve il differenziale, chi l'ha creato e quando, come funzione e come e dove viene usato oggi. Il modello 3D del "Differenziale" vi aiuterà a capire in pratica il funzionamento di questo meccanismo. Assemblandolo con le vostre mani, svelerete tutti i segreti di questo importante dispositivo. Trasmissione (lat. Trasmisssione). Nei veicoli, si tratta di meccanismi che collegano il motore e le ruote motrici.

*in questo caso, la "coppia" è l'effetto rotazionale della forza sugli elementi e le parti di un meccanismo. Nel sistema internazionale (SI) il momento della forza (o nel nostro caso, la coppia) si misura in Newton metro (N-m).

§2

Riferimenti storici



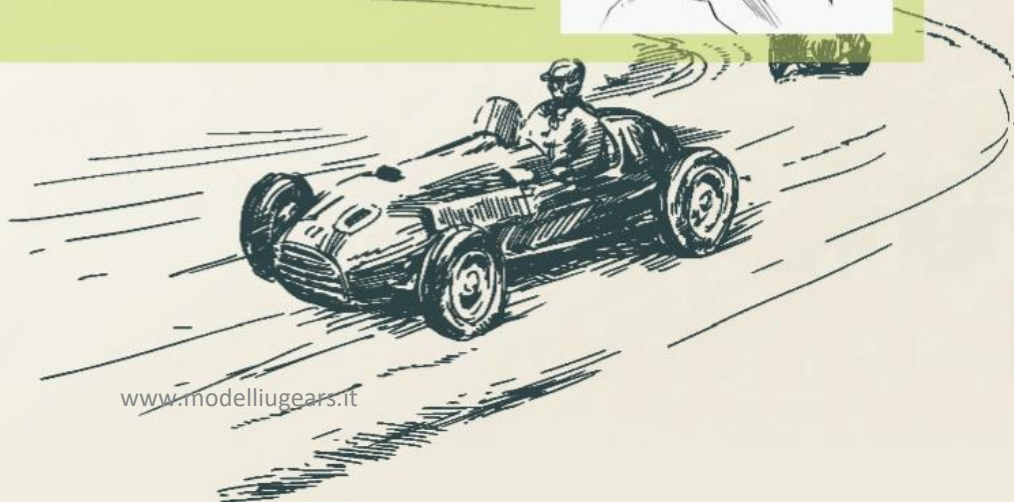
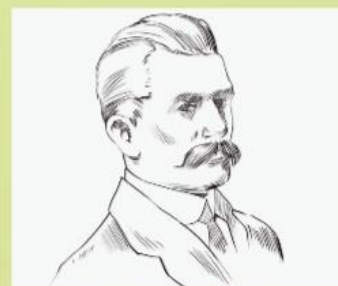
Le prime automobili erano molto meno sofisticate di quelle moderne. Ma guidare una di quelle vecchie era sempre più difficile. Uno dei principali problemi che i conducenti all'inizio dell'era dell'automobile era lo slittamento delle ruote in curva. Nel processo di svolta, le ruote continuavano a girare con la stessa velocità mentre la distribuzione del peso cambiava significativamente. Questo rendeva la guida un'abilità difficile da padroneggiare e limitava la velocità. Il differenziale divenne la soluzione perfetta per questo problema che permise di rendere le auto più veloci e più sicure.



Il differenziale nell'auto è stato inventato da un ingegnere francese, Onesiphore Pecqueur nel 1825. Il meccanismo da lui creato funzionava bene con superfici dure e asciutte, ma era inefficace in condizioni di ghiaccio o su una strada bagnata. Ovviamente, erano necessari alcuni miglioramenti.



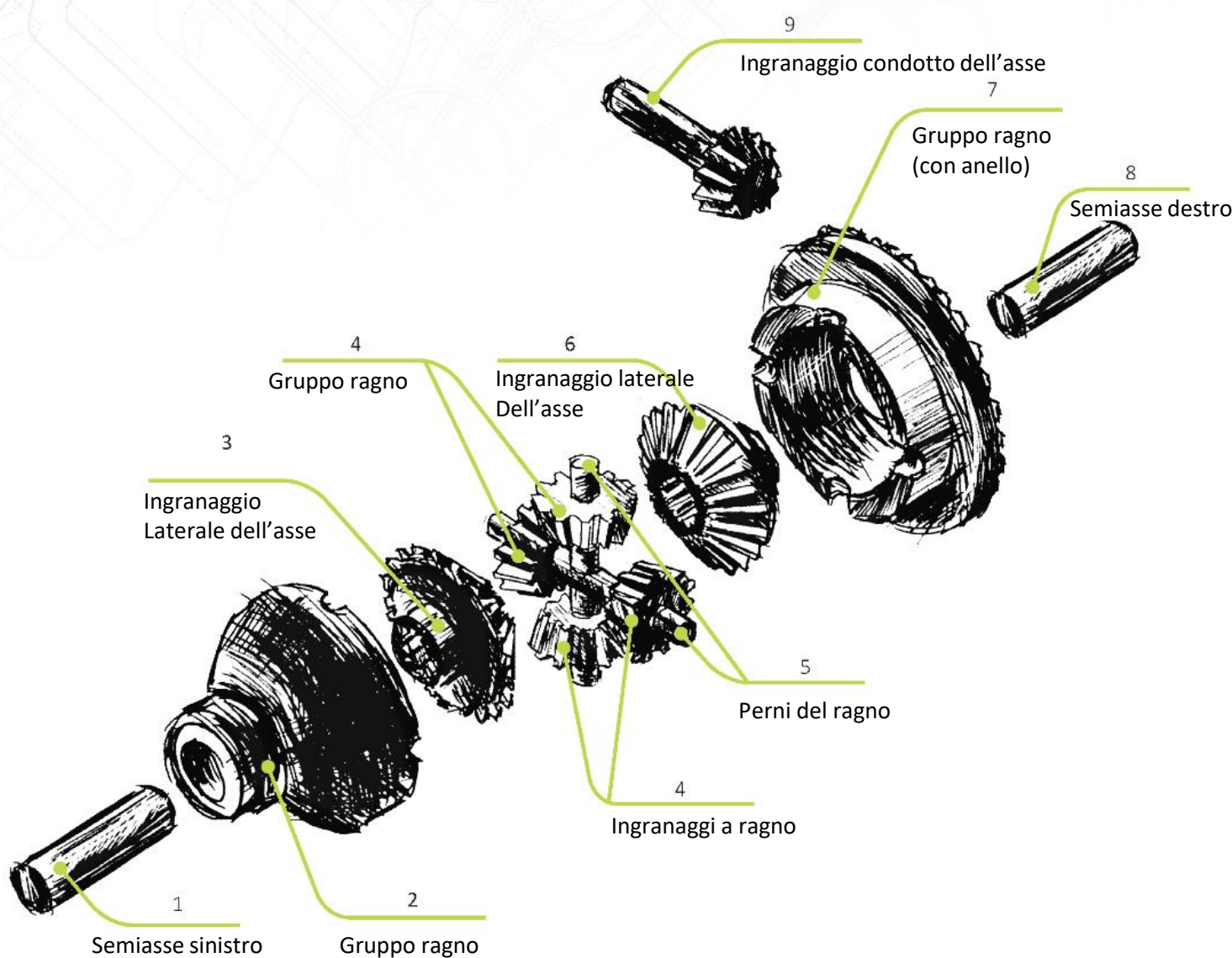
Questi furono introdotti dal famoso ingegnere automobilistico austro-tedesco Ferdinand Porsche, che migliorò significativamente il meccanismo. Gli ci vollero tre anni di ricerca, test e messa a punto, per produrre alla fine un differenziale senza ingranaggi — il primo differenziale a bloccaggio automatico sensibile alla velocità.



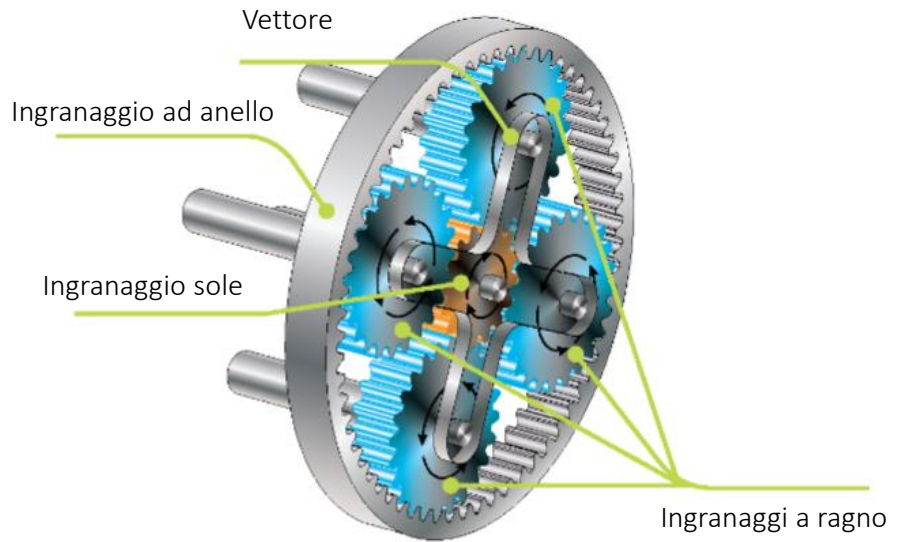
§3

Uno sguardo al meccanismo e al suo utilizzo

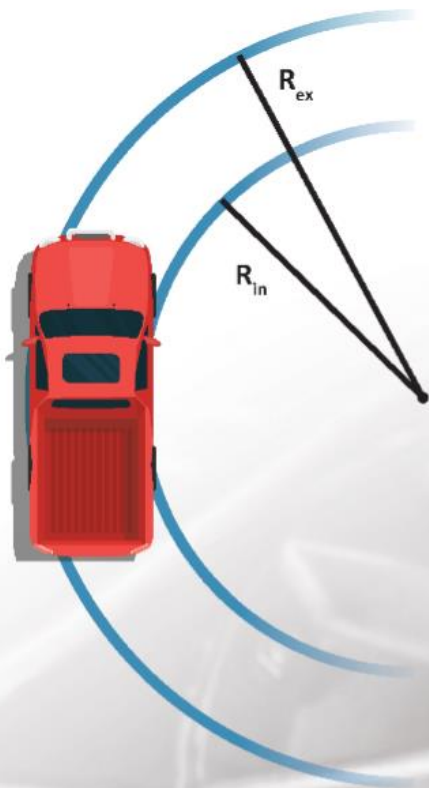
Il **differenziale** (dal latino: Differentia - differenza) è un sistema di ingranaggi con alberi. Vediamo le parti che compongono il differenziale simmetrico a ingranaggi conici.



Un ingranaggio planetario è l'elemento base di qualsiasi differenziale. Si tratta di una trasmissione meccanica del moto rotatorio che, grazie alla sua concezione, è in grado di cambiare, aggiungere e distribuire le velocità angolari in entrata* e/o la coppia agli ingranaggi ragno lungo lo stesso asse di rotazione. Comprende anche l'anello dentato, il supporto e l'ingranaggio centrale "sole".



Quindi, in un'automobile, il differenziale ha tre funzioni principali: trasferimento della coppia dal motore alle ruote motrici; assicurare la velocità angolare individuale delle ruote; e insieme all'azionamento dell'asse, serve come riduttore.



Quando si gira o si guida su una strada accidentata le ruote motrici** percorrono distanze diverse, come mostrato in figura (a causa della larghezza della carreggiata di un'auto).

I raggi della traiettoria quando si gira sono diversi per la ruota sinistra e la ruota destra (R_{ex} è il raggio della traiettoria esterna; R_{in} è il raggio della traiettoria interna).

Così, se entrambe le ruote ricevessero la stessa forza (coppia) dal motore, la loro velocità di rotazione sarebbe di conseguenza la stessa. In queste condizioni, una delle ruote è destinata a slittare. Tuttavia, se mettete un differenziale tra le ruote, sarete in grado di distribuire la forza dal motore e ottenere diverse velocità delle ruote. Così, le ruote girano ad una velocità richiesta indipendentemente l'una dall'altra.

* La velocità angolare è una grandezza vettoriale che caratterizza la velocità e la direzione di rotazione di un corpo solido (nel nostro caso, parti del meccanismo e ruote) rispetto al centro di rotazione. Viene indicata con la lettera greca ω (omega) e misurata in radianti al secondo (rad/s). Di seguito, consideriamo questa e altre quantità in modo più dettagliato.

** Le ruote motrici sono le ruote a cui viene trasmessa la coppia generata dal motore. Sia le ruote posteriori che quelle anteriori possono essere motrici. Nei veicoli a quattro ruote motrici, tutte e quattro le ruote sono motrici. Ti sarà capitato di imbatterti in un'icona "4x4".

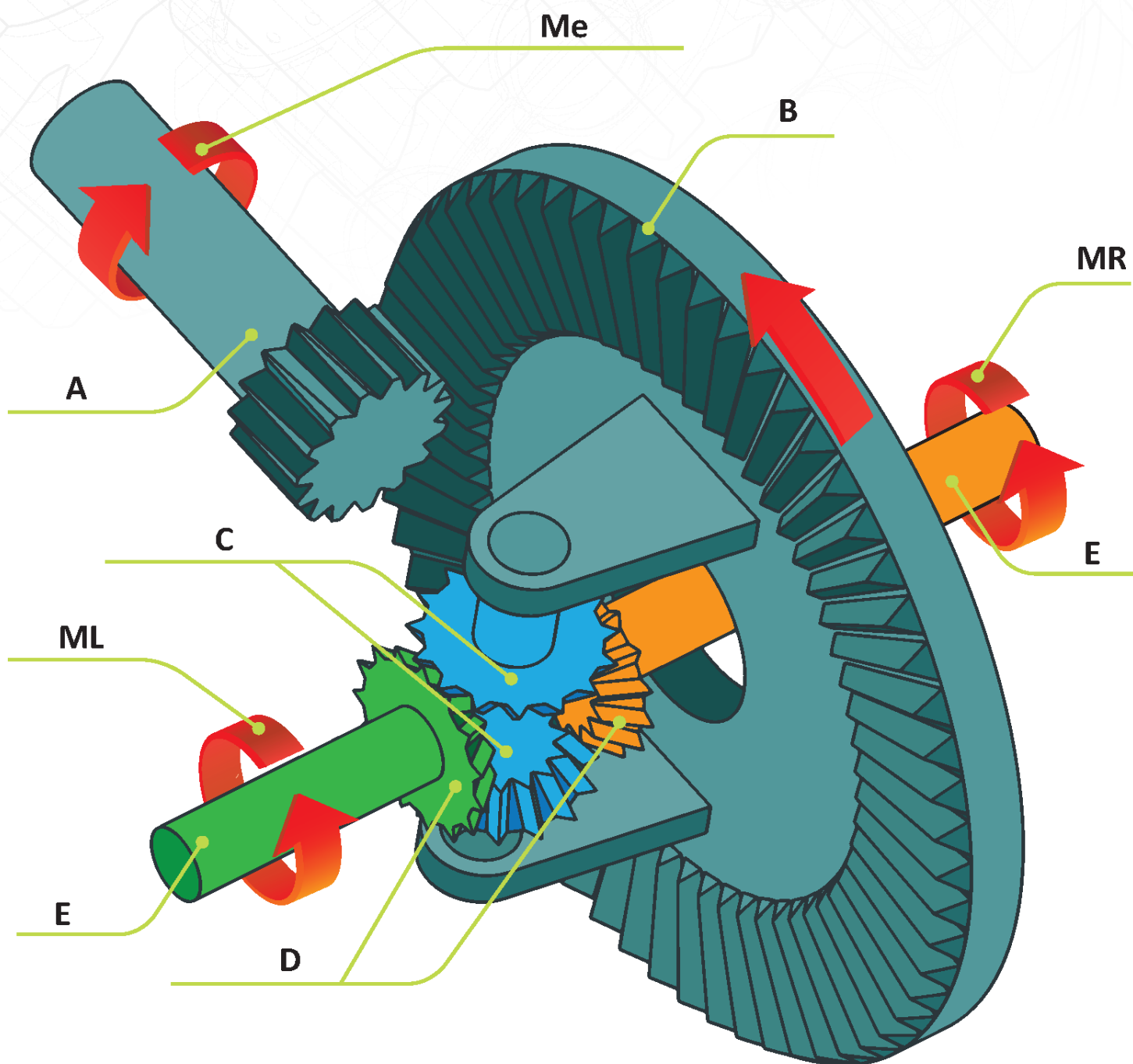
Come funziona?

La coppia (M_e) è trasmessa al differenziale ad anello (B) dal motore attraverso la coppia conica (A).

Il supporto di un ingranaggio planetario di un differenziale di questo tipo è l'ingranaggio della ruota (corona dentata) sotto forma di cassa rotante.

La coppia è distribuita al componente sinistro e destro di ML e MR attraverso ingranaggi a ragno reciprocamente indipendenti (C). Questo permette a ciascuno degli ingranaggi solari (D) con i semiassi delle ruote (E) di ruotare a diverse velocità angolari.

Di conseguenza, come notato in precedenza, le ruote di un veicolo sono libere di muoversi lungo la loro traiettoria senza scivolare.

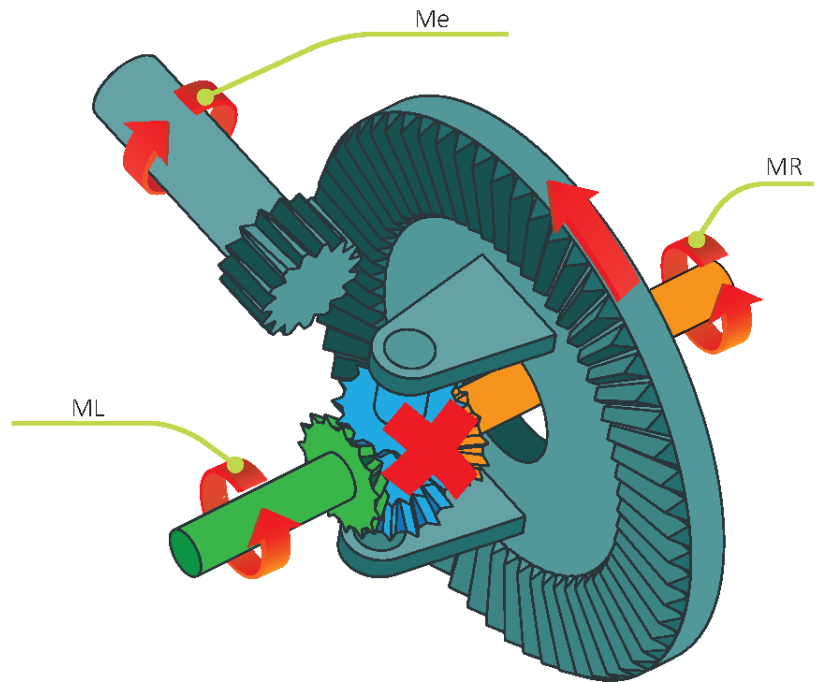


Consideriamo come funziona il differenziale quando un'auto si muove dritta e quando gira.

Quando si muove dritta, le ruote di un'auto passano la stessa distanza. Di conseguenza, le coppie delle ruote destra e sinistra ML; MR e le velocità angolari ω_L ; ω_R sono le stesse:

$ML = MR$ e $\omega_L = \omega_R$, rispettivamente.

La figura mostra che in una tale situazione il corpo differenziale con l'ingranaggio ad anello e gli ingranaggi a ragno diventano un tutt'uno (cioè gli ingranaggi a ragno non ruotano perché non c'è differenza nella rotazione della ruota destra e sinistra).

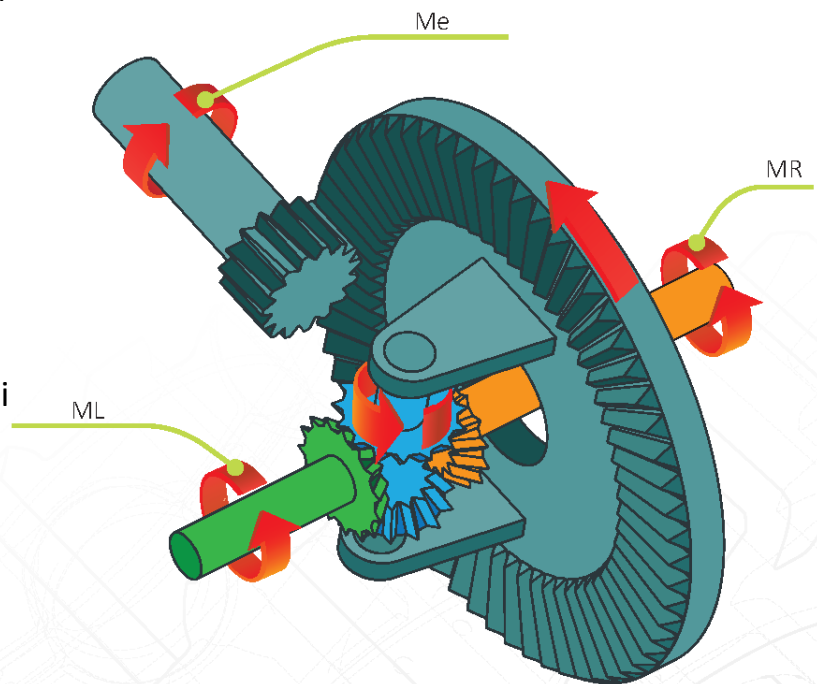


"Differenziale in funzione" quando si guida un'auto dritta

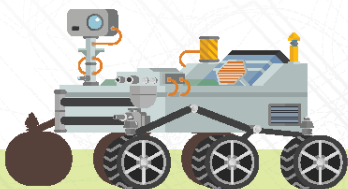
Una situazione completamente diversa si verifica quando si gira. Le ruote di un'auto passano a distanze diverse (a causa della larghezza della carreggiata).

Di conseguenza, le coppie delle ruote destra e sinistra ML; MR e le velocità angolari ω_L ; ω_R non sono uguali: $ML \neq MR$ e $\omega_L \neq \omega_R$.

Gli ingranaggi a ragno permettono loro di ruotare a velocità diverse, ruotando intorno agli ingranaggi solari, distribuendo così la forza di coppia tra i semiassi.



"Differenziale in funzione" quando si gira una macchina



L'industria spaziale usa veicoli (rover e rover lunari) con un gran numero di ruote, con ogni ruota che è motrice. Questo viene fatto per un migliore "galleggiamento" del veicolo. Tuttavia è essenziale ricordare che un differenziale funziona alla grande finché le ruote motrici dell'auto sono strettamente aderenti alla superficie della strada, poiché se una ruota perde l'aderenza alla strada stando in aria o sul ghiaccio, sarà l'unica che ruota - l'altra ruota rimane ferma. Per evitare che questo accada, gli ingegneri hanno trovato soluzioni progettuali per bloccare il differenziale.



Quindi, ci sono diversi tipi di differenziali:

Un differenziale con bloccaggio manuale - il bloccaggio positivo è necessario per migliorare le prestazioni in fuoristrada. Può essere attivato dal guidatore a seconda delle necessità.

Autobloccante:

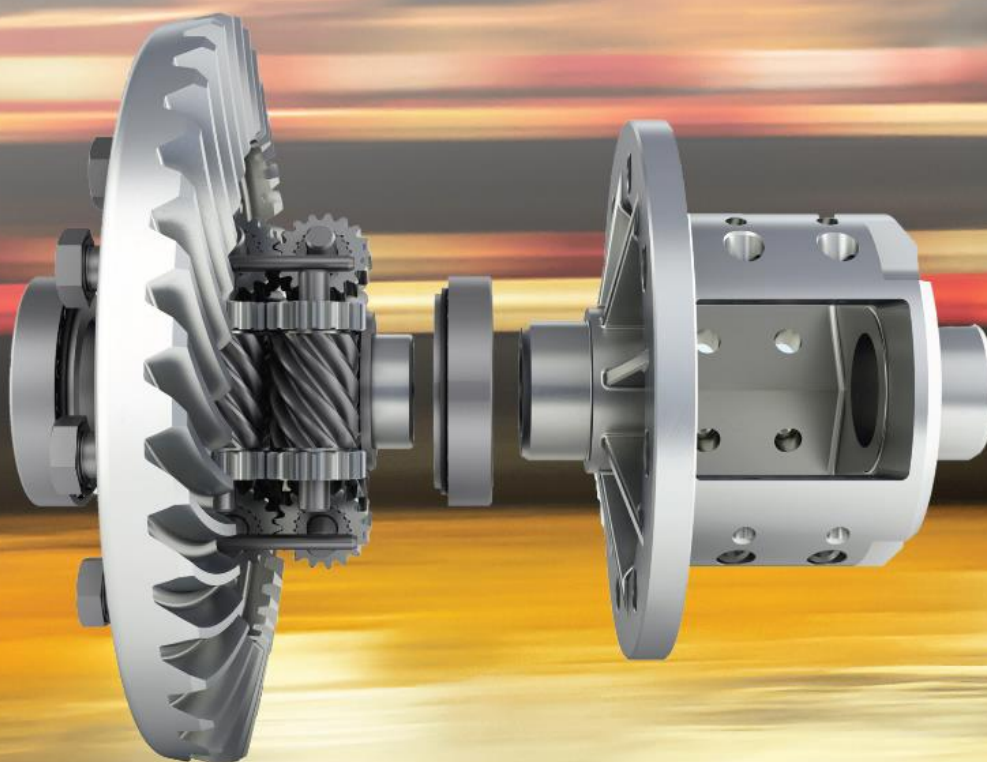
Visco drive è un giunto multidisco in cui la coppia cresce all'aumentare della differenza di velocità tra l'albero motore e l'albero condotto. È usato nelle auto a trazione integrale a tempo pieno e come meccanismo di bloccaggio del differenziale;

Questo tipo di gruppi aumenta significativamente il galleggiamento del veicolo. Il principio di base dell'autobloccaggio è che certe condizioni di guida sono favorevoli al bloccaggio automatico di un differenziale. Quando c'è un aumento significativo della differenza di carico nei semiassi, viene azionata una pompa a pressione dell'olio. Le piastre di accoppiamento cominciano a convergere e la velocità della ruota diminuisce, così come il carico della ruota è distribuito correttamente in caso di slittamento e di sbandamento.

Ci sono molte modifiche di differenziali autobloccanti per auto.

In alcuni differenziali il bloccaggio non risulta dalla differenza delle velocità di rotazione degli alberi, come nel visco drive, ma avviene quando il bilanciamento della coppia sugli alberi cambia. Non appena il momento su uno degli alberi aumenta, le coppie di viti senza fine "incastrano" gli ingranaggi bloccando il differenziale necessario;

In altri, le file destra e sinistra degli ingranaggi a ragno si ingranano con gli ingranaggi destra e sinistra del semiassi, così come gli ingranaggi a ragno di file diverse si ingranano con il successivo ma quando una delle ruote è indietro. L'ingranaggio del semiassi associato inizia a ruotare più lentamente del corpo del differenziale e fa ruotare l'ingranaggio a ragno, che fa ruotare l'ingranaggio a ragno ad esso collegato e quest'ultimo a sua volta fa ruotare il suo ingranaggio del semiassi, assicurando così diversi giri delle ruote durante la rotazione.



Allo stesso tempo, alcuni tipi di automobili possono andare senza alcun differenziale. Averne uno nell'auto significa anche un maggior carico sulla trasmissione dell'auto e l'usura degli pneumatici.

Un'auto a quattro ruote con una o due ruote motrici può funzionare senza - per esempio, i kart o le auto da corsa con un asse posteriore progettato per correre su superfici a bassa trazione.



Esistono anche differenziali interassiali che distribuiscono la coppia tra gli assi motore in proporzione 50:50, 40:60, ecc.



I differenziali non sono usati nel trasporto ferroviario - locomotive elettriche e diesel, treni elettrici e metropolitani. I differenziali possono essere assenti nei trattori a due ruote e in altri dispositivi di risparmio del lavoro, così come nei carrelli elettrici in cui ogni ruota è azionata da un motore separato.



§4

Fisica e meccanica spiegate nel modello STEM "differenziale"

UGEARS
Mechanical Models
WWW.MODELLIUGARS.IT

Un è un dispositivo meccanico che trasferisce la coppia da una fonte a due azionamenti indipendenti in modo che la velocità di rotazione di ciascuno di essi possa essere diversa.

Un differenziale ha le seguenti proprietà: la potenza di rotazione (N), la coppia (M) e la velocità angolare (ω).

è un valore scalare che nella maggior parte dei casi equivale al tasso di conversione, trasmissione o consumo dell'energia del sistema. È anche descritto come una relazione tra il lavoro nel periodo di tempo e quel periodo di tempo.

$$N = A/t$$

Nel Sistema Internazionale di unità di misura (SI) è il watt (W), dal nome di James Watt, un inventore scozzese del 18° secolo.

La potenza si trova con la formula:

$$N = F \cdot v \cdot \cos \alpha$$

Nel movimento di rotazione:

$$N = M \cdot \omega,$$

Dove:

M - è la coppia,
 ω - velocità angolare.

può anche essere chiamato "una potenza rotante", N-m nell'unità SI. La coppia è talvolta chiamata "momento di coppia di forze". Questo termine si trova inizialmente nelle opere di Archimede. Se la direzione della forza applicata a una leva è perpendicolare ad essa, il momento di potenza si trova come la quantità di quella potenza moltiplicata per la distanza dal centro della linea di rotazione della leva. Per un motore è la forza di rotazione dell'albero motore.

Per esempio, la forza di 3 N applicata a una leva a una distanza di 2 metri dal centro della sua linea di rotazione creerà la stessa coppia della forza di 1 N applicata alla leva alla distanza di 6 metri dal centro della sua linea di rotazione. Il momento sul punto è descritto come una moltiplicazione vettoriale:

$$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$$

Dove:

F è una forza applicata a un punto,
r è un raggio vettoriale di un punto (se il centro di rotazione è nell'origine delle coordinate).

La velocità angolare si riferisce alla velocità con cui la posizione angolare (ϕ) o l'orientamento di un oggetto cambia nel tempo. È rappresentata dal simbolo ω e dalla formula:

$$\omega = \frac{\phi}{t}$$

Per una rivoluzione $\Delta\phi = 2\pi$.

La velocità angolare è legata al periodo di rotazione e al numero di giri per periodo di tempo. Si trova come:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

o

$$\omega = 2\pi\nu$$

Come unità SI, la velocità angolare è: $[\omega]=\text{rad/s}$.

Il raggio reale di una curva non è un numero costante e non è possibile ottenere una trazione perfetta e costante. Se le ruote ruotano con la stessa velocità, l'auto che gira scivolerà e la traiettoria interna sarà diversa da quella esterna. Questa differenza si trova come:

$$L_{in} = L_{ex} \cdot (1 - L \cdot \omega_z \cdot L_{ex}) \cdot M$$

Dove:

L_{in} - traiettoria interna, m;

L_{ex} - traiettoria esterna, m;

ω_z - velocità angolare relativa all'orizzonte, rad/s;

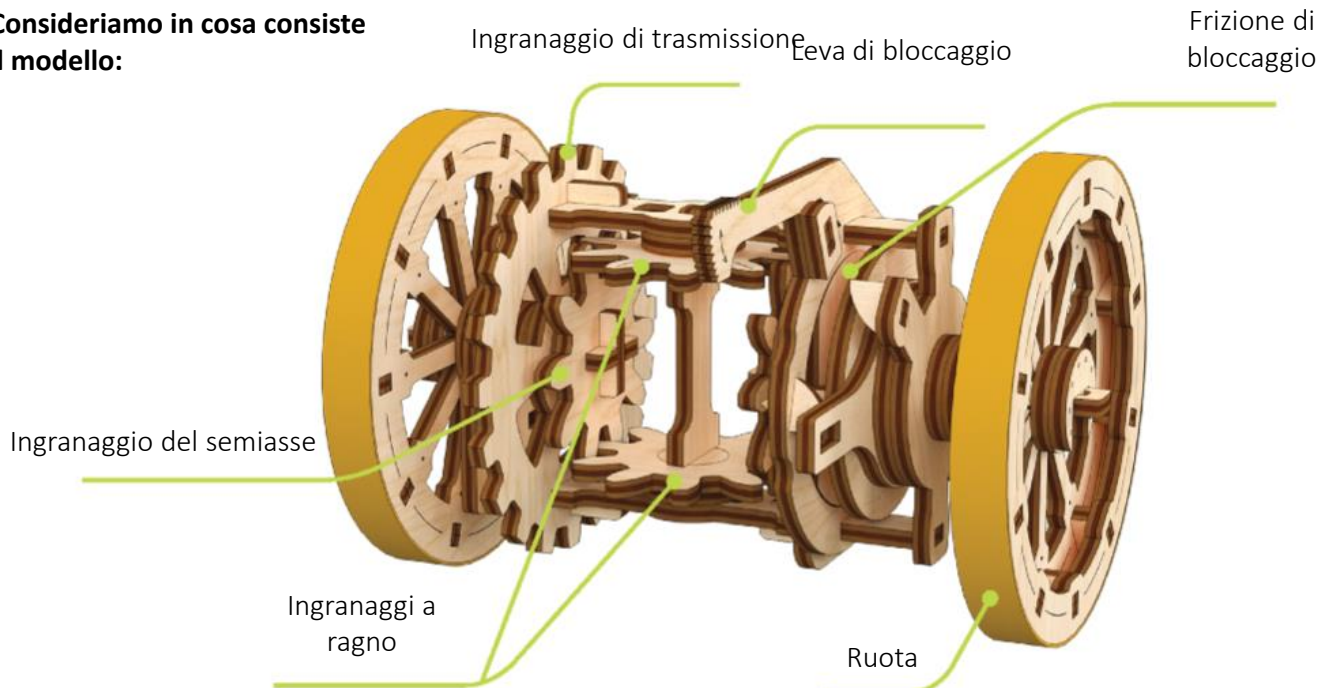
L - distanza tra le ruote, m.

§5

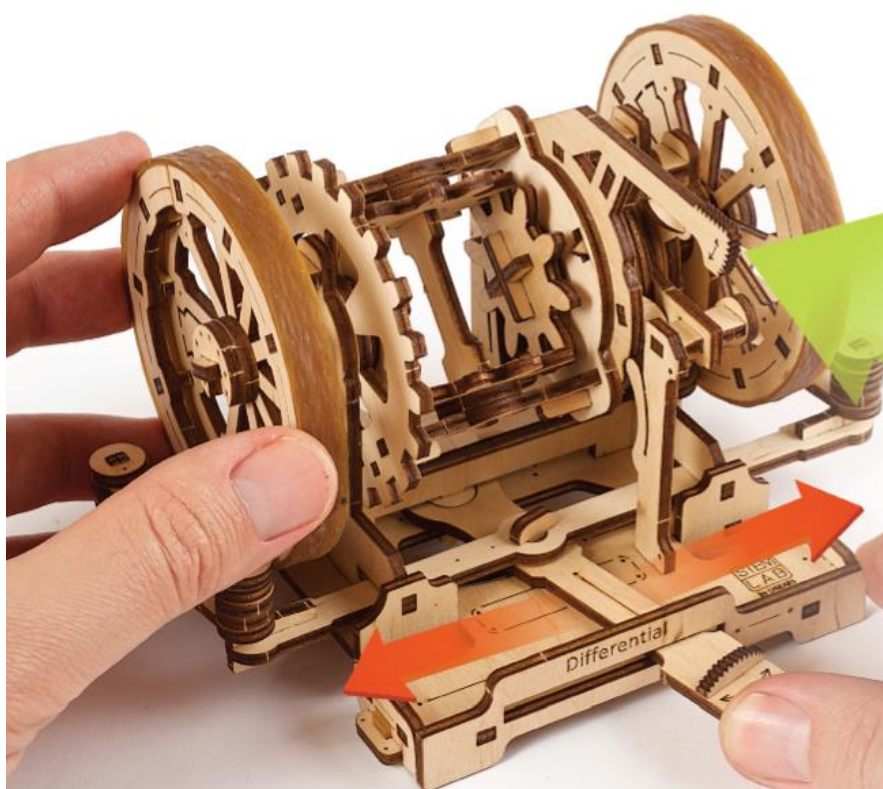
Disegno tecnico e principi di funzionamento

Il modello meccanico di un differenziale è un aiuto educativo che spiega con un esempio reale come funziona il dispositivo. Dimostra il lavoro degli ingranaggi planetari nella distribuzione del carico dalla ruota motrice ai semiassi.

Consideriamo in cosa consiste il modello:



L'impulso può essere trasferito a una delle ruote o bloccato dalla leva. Il modello dimostra in modo esauriente come un'auto gira con una coppia maggiore su una ruota e minore sull'altra.



Nella posizione di blocco della leva, l'energia del motore sarà equamente distribuita tra le ruote.

§6

Rimbocchiamoci le maniche: esercitazioni pratiche

Misura della velocità di rotazione, della velocità angolare e lineare.

Differenziale - il meccanismo che trasmette la coppia di un motore alle ruote e aiuta ad evitare lo slittamento delle ruote e facilita il lavoro di trasmissione.

Obiettivi: studiare i modi di misurare la velocità di rotazione; misurare la velocità di rotazione di un differenziale in base alla sua velocità lineare, sviluppare la logica, le abilità scientifiche e il pensiero spaziale

Attrezzatura: il differenziale, un cronometro, un righello, un taccuino e una penna.

Contesto teorico dell'esperimento:

Il compito è quello di misurare in diversi modi la velocità di rotazione del disco fissato sull'albero di un differenziale a seconda della velocità lineare con cui si muove. Il moto rotatorio si trova attraverso la rotazione angolare ϕ , la velocità di rotazione ω , la velocità angolare β e il tempo t . Ogni punto di rotazione di un oggetto intorno a un asse ha la stessa velocità di rotazione ω . Una velocità di rotazione media si trova come:

$$\omega = \frac{\phi}{t} (1)$$

La velocità angolare β si trova attraverso la variazione della velocità di rotazione ω nel tempo. Pertanto, la formula della velocità angolare media viene come segue:

$$\beta = \frac{\omega}{t} (2)$$

Preparazione per l'esperimento:

Assemblare il differenziale e metterlo su una superficie piana.

PROGRESSO DEL LAVORO:

Compito 1. Trovare la rotazione angolare.

Scegli un punto sul cerchio di una ruota. Segnalo con una matita.

Fai rotolare il differenziale su una superficie piana e uniforme e controlla quanto tempo ha impiegato il tuo segno per completare un giro completo.

Usa la formula (1) per calcolare la velocità di rotazione. Per una rotazione completa $\Delta\phi = 2\pi = 2 \cdot 1800 = 3600$.

Ripeti l'esperimento facendo rotolare il differenziale con una velocità diversa.

Confronta i valori della rotazione angolare e della velocità lineare.

Compito 2. Trovare la velocità di rotazione.

Conta il numero di rotazioni che il marchio fa in 10 secondi.

Calcola la frequenza di rotazione usando la formula:

$$v = \frac{N}{t}$$

Calcolare la velocità di rotazione $\omega = 2\pi v$.

Ripeti l'esperimento facendo rotolare il differenziale con una velocità diversa.

Confrontate i vostri dati.

Compito 3. Trovare la velocità angolare.

Usa i dati del compito 1 e del compito 2 (ripetili se necessario) e la formula (2) per calcolare la velocità angolare.

Confronta la relazione tra la velocità angolare e la velocità lineare del differenziale.

Compito 4. Trovare la velocità lineare.

Usa un righello per misurare il raggio della ruota (la distanza tra il segno del cerchio della ruota e il suo centro).

Usa i dati del compito 1 e del compito 2 (ripetili se necessario) e la formula $u = R \cdot \omega$ per calcolare la velocità lineare.

Puoi anche calcolare l'accelerazione centripeta usando la seguente formula: .

$$a = \frac{v^2}{R}$$



In condizioni reali il raggio della ruota non è un numero costante e non è possibile ottenere una perfetta trazione costante. Per questo motivo, se le ruote girano con la stessa velocità, l'auto che gira scivolerà e la traiettoria interna sarà diversa da quella esterna. Il loro rapporto può essere calcolato come:

$$L_{in} = L_{ex} \cdot (1 - L \cdot \omega z \cdot L_{ex})$$

Dove:

L_{in} - traiettoria interna, m;

L_{ex} - traiettoria esterna, m;

ωz - velocità angolare relativa all'orizzonte, rad/s;

L - distanza tra le ruote, m.

Compito 5. Calcolare la differenza tra la velocità di rotazione delle ruote di un camion e la differenza tra la distanza che le ruote hanno fatto.

Dato che: il raggio di sterzata della traiettoria interna del veicolo è di 10 m, quello esterno è di 11,6 m (poiché la carreggiata di questo veicolo è di 1,6 m). Il diametro della ruota è 72 cm.

CONCLUSIONI:

Nel processo di esperimenti con il differenziale, abbiamo imparato a misurare la velocità lineare, la velocità di rotazione e la velocità angolare.

Abbiamo scoperto che:

- la velocità di rotazione dipende dalla velocità lineare.
- più alta è la velocità lineare, più alta sarà la velocità di rotazione.
- la velocità di rotazione e la velocità angolare sono direttamente proporzionali.

U G E A R S

Mechanical Models

WWW.MODELLIUGEAR.S.IT

Compito di valutazione

1. Il credito per i primi esperimenti con il differenziale a slittamento limitato appartiene a:
 - a) Onesiphore Pecqueur
 - b) Ferdinand Porsche
 - c) Volkswagen

2. Un differenziale prevede diverse velocità di rotazione delle ruote sullo stesso asse al fine di:
 - a) ridurre la velocità
 - b) ridurre lo slittamento in curva
 - c) aumentare l'attrito.

3. Il differenziale migliorato è progettato come:
 - a) un treno di ingranaggi
 - b) un ingranaggio planetario
 - c) una trasmissione automatica

4. Quanti differenziali hanno le auto a trazione integrale?
 - a) due
 - b) tre
 - c) sei.

5. Di cosa è fatto un differenziale?
 - a) albero a gomito
 - b) alberi e ingranaggi
 - c) azionamenti

6. Come è collegata la velocità di rotazione alla velocità lineare di un differenziale?
 - a) non è collegata
 - b) aumenta quando la velocità lineare aumenta
 - c) diminuisce quando la velocità lineare aumenta

7. Come è collegata la velocità angolare alla velocità lineare di un differenziale?
 - a) attraverso la proporzione inversa
 - b) attraverso la proporzione diretta
 - c) non hanno alcun collegamento.

8. Un tipo di differenziale in cui la coppia cresce all'aumentare della differenza di velocità tra l'albero motore e l'albero condotto è chiamato:
 - a) Torsen
 - b) Visco drive
 - c) Quaife

9. Quali unità fisiche caratterizzano un differenziale?
 - a) gravità, lavoro, tempo
 - b) forza di rotazione, coppia, velocità angolare
 - c) frequenza di oscillazione, attrito, velocità lineare

Congratulazioni! Ce l'hai fatta!

Grazie per essere stato con noi in questa avventura, speriamo che ti sia divertito e **11** abbia imparato molto!