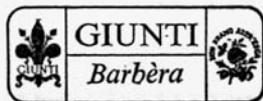


ATTI  
DEL SIMPOSIO INTERNAZIONALE  
DI STORIA DELLA SCIENZA

LEONARDO  
NELLA SCIENZA E NELLA TECNICA

FIRENZE - VINCI  
23-26 giugno 1969



colare importanza, la ruota viene sempre considerata soltanto come elemento trascinato, volto a diminuire lo sforzo di traino. Sia alle sue origini, come rullo adoperato per facilitare il trasporto di pesi striscianti sul terreno, sia poi come ruota vera e propria applicata ai veicoli, (si tratti poi del « rishov » cinese trainato dall'uomo, o del carro di guerra dei Sumeri o della biga romana, o della diligenza postale, sviluppatasi per secoli in ogni parte del globo, trainata dal nobilissimo cavallo), la « ruota » è sempre trascinata, impiegata al solo scopo di migliorare il rendimento del traino, col sostituire alle forti resistenze dell'attrito strisciante quelle infinitamente più moderate dell'attrito volvente.

Non si mette in rilievo, nella storia della tecnica, il passaggio, veramente innovativo, della funzione della ruota da rullo trascinato a rullo motore: passaggio, senza dubbio, di carattere puramente empirico, perché la forza applicata alla ruota, quella muscolare dell'uomo, era così ridotta da non potere mettere in evidenza il fenomeno dell'aderenza ed i suoi limiti.

Se supponiamo un contatto matematico fra rullo cilindrico (cui non è applicata nessuna forza) e superficie piana di appoggio, si ha un rullo motore libero per cui ogni posizione è posizione di equilibrio, il contatto ha i caratteri del rotolamento, con centro istantaneo di rotazione al contatto fra rullo e piano.

Se la superficie piana presenta delle asperità, oppure i corpi a contatto, rullo e piano, sono deformabili, la rotazione non avviene se non si applica al rullo una coppia motrice, che dà una misura della resistenza d'attrito. Siamo sempre però nel caso del rullo motore libero.

Le cose cominciano a cambiare quando applichiamo al rullo una forza parallela al piano di appoggio, essendo deformabili i corpi a contatto. Si ha allora il caso del rullo trascinato. Al contatto viene eccitato l'attrito in modo da opporsi allo strisciamento nel senso in cui il rullo avanza rotolando. La forza applicata dovrà essere tanto maggiore quanto maggiore sarà il peso da trainare, poiché la resistenza di attrito cresce con detto peso; ma l'esperienza ci assicura che lo strisciamento in queste condizioni non si verifica mai, essendo l'attrito al rotolamento sempre minore di quello allo strisciamento. È il caso del veicolo trainato che dominò per secoli il panorama dei mezzi di trasporto.

Ma il cambiamento radicale si verifica quando, essendo sempre presente la resistenza parallela al piano d'appoggio dovuta alle asperità o alla deformabilità dei corpi a contatto, si applica al rullo una coppia motrice. Anche in questo caso l'attrito viene eccitato in modo da opporsi allo strisciamento nel senso in cui il rullo avanza rotolando, ma questa volta lo strisciamento può verificarsi, e si verifica di fatto, per valori insufficienti, rispetto alla coppia motrice applicata, della resistenza di attrito parallela al piano di appoggio. Perché si abbia un moto di rotolamento, il peso da muovere — gravante sulle ruote — che prende il nome di peso aderente ed è proporzionale alla resistenza dell'attrito, deve superare un valore determinato, dipendente dal coef-

RUOTA TRASCINATA E RUOTA MOTTRICE:  
L'« AUTOMOBILE » DI LEONARDO

Il Codice Atlantico porta al foglio 296, verso *a*, il ben noto disegno di un carro (avente scopi militari), in cui un gruppo di ruote dentate trasmette alle ruote del carro il movimento prodotto da un congegno di caricamento a molle, che doveva immagazzinare l'energia sufficiente alla propulsione. Questo disegno ha dato origine a molti scritti. In particolare è citato e riprodotto da Arturo Uccelli nel suo ampio volume « La ruota e la strada »<sup>(1)</sup>, e un tentativo di riproduzione costruttiva se ne ha nello stesso Museo di Vinci, fra le macchine della Mostra viaggiante negli Stati Uniti curata dall'IBM, World Trade Corporation, che ha trovato nella città natale di Leonardo la sua meta ideale<sup>(2)</sup>.

Mi sento autorizzato a interessarmi di questa infinitesima parte delle invenzioni di Leonardo, non già come studioso di Leonardo, ma perché è questo, se non sbaglio, il solo caso di un progetto leonardesco di veicolo automotore, e lo sguardo quindi dal punto di vista dei problemi della trazione di cui mi sono sempre particolarmente occupato.

Discordi sono i giudizi su questo progetto, e non voglio soffermarmi a discutere la possibilità, in concreto, del suo funzionamento: non credo del resto che si possa rivendicare a Leonardo la priorità nell'applicazione di una forza alle ruote di un veicolo per farne un semovente.

Mi metto da un altro punto di vista: quali sono le condizioni necessarie perché la forza applicata faccia realmente avanzare un veicolo? A questo problema fondamentale non sembra che Leonardo abbia prestato attenzione, né che abbia pertanto potuto contribuire alla sua soluzione attraverso lo studio del fenomeno dell'aderenza fra la ruota e il suo piano di appoggio.

Il fenomeno dell'attrito ha bensì destato l'interesse di Leonardo, e proprio come elemento utile, come nel caso delle viti — ma non nel caso del veicolo motore, che è rimasto per così dire, in una fase velleitaria.

Del resto, nelle storie della tecnica, se il capitolo « ruota » riveste parti-

<sup>(1)</sup> Editoriale Domus, Milano 1946, pp. 134-35.

<sup>(2)</sup> Cfr. l'opuscolo *Leonardo da Vinci*, contenente anche il catalogo dei modelli esposti nel Museo di Vinci.

ficiente d'attrito. Ecco dunque l'attrito trasformarsi in elemento utile, anzi necessario per il moto del veicolo, perché è solo col fare aderire fortemente il rullo al piano di appoggio che si può creare quel centro istantaneo di rotazione corrispondente al punto di applicazione della risultante delle reazioni di appoggio, che spostandosi con continuità, assicura il moto di rotolamento del rullo sul piano.

Si deve allora capovolgere il criterio di progettazione del veicolo. Quando lo si doveva trainare, era necessario ridurre il peso, per diminuire la fatica dell'uomo o dell'animale preposto al traino. Ma, nel caso di veicolo motore, l'eccessiva leggerezza rappresenta un ostacolo al suo funzionamento. Si cominciò ad accorgersene coi primi tentativi di locomotiva a vapore, che rappresenta il vero primo esempio di veicolo motore. La potenza della motrice a vapore costituiva un balzo enorme rispetto a quella del motore animale, mentre, non risultando ancora chiaro il meccanismo dell'aderenza, non ci si curava del peso del veicolo, e specialmente del suo peso aderente, cioè del peso collegato con le ruote motrici, e si continuava a ridurre il più possibile il peso del veicolo. Questa ignoranza della relazione fra il peso aderente della locomotiva e lo sforzo massimo che la locomotiva poteva esercitare rappresentò una delle tante difficoltà incontrate dai primi costruttori di locomotive, che per oltre 10 anni girarono intorno al problema senza comprenderne l'essenza, e provarono perfino locomotive a... stampelle!, pensandosi che fosse necessario un elemento sostitutivo delle zampe del cavallo, che, puntando sul terreno, provocassero l'avanzamento del veicolo. L'Uccelli, nel volume citato, dedica due figure all'illustrazione di questi progetti, l'una rappresenta il « cavallo a vapore » di William Brunner (1823) e l'altra la locomotiva di D. Gordon (1824).

Per quanto riguarda i veicoli su rotaie, si credette che le ruote non avrebbero potuto progredire su rotaie lisce; e vi fu chi rese scabri i contorni delle ruote, e chi la superficie di corsa delle rotaie.

Il primo ingegnere che abbia riconosciuto l'errore di queste opinioni fu Blacket, che nel 1812 fece costruire locomotive destinate a marciare su rotaie lisce, previa determinazione della relazione che intercede fra il peso di una macchina e il massimo carico che essa può mettere in moto dallo stato di riposo.

Aumentando il peso gravante sulle ruote (anche mediante bielle di accoppiamento fra più coppie di ruote motrici), si poté finalmente superare la difficoltà.

Tutto questo poté dunque essere messo in rilievo soltanto empiricamente in epoca di molto posteriore a quella di Leonardo, e il suo « carro automobile » non ebbe ad esercitare nessuna influenza sullo sviluppo del veicolo motore azionato meccanicamente.