

FISICAST

per  
**SxT**

**Consumare meno con l'automobile**

di

Giovanni Vittorio Pallottino



## **Consumare meno con l'automobile!**

*Giovanni Vittorio Pallottino*

### **Abstract:**

**Guida dell'automobile spensierata o risparmiosa? Assai migliore quest'ultima! Anche a fronte del costo crescente del carburante. Ecco allora una serie di suggerimenti per una guida attenta ai consumi, tratti dal libro "La fisica della sobrietà". Consigli che non sono calati dall'alto ma nascono dalla conoscenza della fisica alla base del funzionamento dell'automobile e dalla comprensione di dove va a finire effettivamente l'energia sviluppata dal motore, cioè per accelerare l'auto, spingerla in salita e vincere gli attriti, come l'insidiosa resistenza dell'aria, che ad alta velocità fa lievitare pesantemente i consumi.**

### **INIZIO**

**Del libro "La fisica della sobrietà - Ne basta la metà o ancora meno", pubblicato da Giovanni Vittorio Pallottino, docente del Dipartimento di Fisica della Sapienza, abbiamo già parlato, a proposito del riscaldamento degli edifici. Oggi vogliamo invece occuparci dell'automobile.**

#### **Q: Professore, come mai parliamo proprio di questo argomento?**

A: Perché una grossa fetta del consumo nazionale di energia, circa un terzo, alimenta il settore dei trasporti, cioè riguarda soprattutto i consumi degli automobilisti. Ora questa energia quasi per intero l'acquistiamo all'estero, con una bolletta complessiva di oltre 60 miliardi di euro all'anno, cioè mille euro a cranio compresi i lattanti. E quindi un po' di attenzione a risparmiare sull'impiego dei carburanti, può tradursi in un grosso vantaggio per i conti nazionali come per quelli di ciascuno di noi.

#### **Q: Ma che c'entra la fisica in tutto questo?**

A: Il fatto è che il funzionamento dell'automobile è basato sulla fisica. E capire un po' meglio questa fisica aiuta sicuramente a porre in atto comportamenti più risparmiatori. A cominciare dal rendersi conto di dove va effettivamente a finire l'energia del carburante, e poi tutto il resto.

#### **Q: E allora il primo quesito è proprio questo: dove va a finire l'energia del carburante?**

A: Diciamo subito che l'energia del carburante, non importa se benzina, gasolio o gas, è una energia chimica, che si libera come calore quando il carburante brucia all'interno del motore. Ma per fare andare avanti una macchina non ci serve calore, ma energia meccanica. E il compito del motore è appunto quello di trasformare questo calore in energia meccanica. Questo compito è però difficile perché il secondo principio della termodinamica pone dei vincoli a questa trasformazione.

### **Q: Che vuol dire questo discorso?**

A: Come diceva George Orwell nel suo libro *La fattoria degli animali*, tutti sono uguali, ma alcuni sono più uguali degli altri. E questo vale anche per le diverse forme dell'energia. Alcune di queste, come l'energia elettrica o l'energia meccanica sono più uguali di altre e quindi sono dette nobili, perché possono trasformarsi nelle altre senza alcun vincolo. Una stufa elettrica, per esempio, trasforma integralmente in calore, senza alcun problema, tutta l'energia elettrica che la alimenta. E allora si dice che ha un rendimento pari a 1, cioè tutta l'energia spesa è usata allo scopo per cui la stufa è progettata. Allo stesso modo, per fare un altro esempio, quando un'automobile frena, perdendo energia meccanica, questa viene trasformata integralmente in calore con i freni che si riscaldano vivacemente. Diverso è il caso del calore, cioè dell'energia termica che qui ci interessa. Perché si tratta di una forma di energia meno nobile in quanto non può essere trasformata integralmente in energia elettrica oppure in energia meccanica, come invece noi vorremmo facesse il motore dell'auto. E qui ricordiamo che si tratta di un motore termico, che funziona grazie all'espansione dei gas prodotti dal bruciamento della benzina ad alta temperatura. Questa espansione, che serve a spingere i pistoni, porta a raffreddare i gas combusti, che vengono poi eliminati tramite il tubo di scappamento.

### **Q: Stai cercando di dire che in un motore di automobile parte dell'energia va sprecata?**

A: Beh sì, volevo dire proprio questo. Cioè che solo una parte del calore sviluppato nel motore dal carburante si trasforma in energia meccanica, e quindi il rimanente, come hai detto, resta inutilizzato. Con il doloroso risultato che il rendimento del motore, cioè il rapporto fra l'energia meccanica ottenuta e il calore impiegato per svilupparla, risulta basso, alquanto inferiore ad uno. Cosa che invece non succede con i motori elettrici il cui rendimento è prossimo all'unità, ma ricordiamo che questi motori sono alimentati da una energia nobile, quella elettrica. La scoperta di questa limitazione dei motori termici, che riguarda anche i motori a vapore, le turbine e via dicendo, risale all'ingegnere francese Sadi Carnot che due secoli fa ne scrisse in un'opera intitolata assai significativamente "Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco". Le conclusioni di Carnot, che morì di colera ad appena 36 anni, sono alla base del lavoro dei fisici che in seguito formularono quello che oggi costituisce il secondo principio della termodinamica. Un principio importantissimo perché la termodinamica è di portata generale in quanto coinvolge tutti i fenomeni fisici, non soltanto quelli riguardanti il calore, come abbiamo spiegato nella prima puntata di Fisicast, quella sul Tempo. Ma non ci addentriamo in questo perché ci porterebbe lontano dall'automobile.

### **Q: Ma quant'è effettivamente il rendimento del motore di un'automobile?**

A: Secondo Carnot il rendimento massimo di un motore termico, cioè il rapporto fra l'energia meccanica che si ottiene e l'energia termica che si deve spendere, dipende dalla temperatura a cui il motore riceve il calore e da quella a cui cede il calore residuo, cioè quello che non può utilizzare. In pratica questo rendimento, nelle automobili, si aggira attorno a un terzo per i motori diesel e attorno a un quarto per i classici motori a benzina. A questi valori si è giunti dopo molti decenni di lenti progressi, senza che

oggi vi siano prospettive concrete di miglioramenti apprezzabili. Rendimenti decisamente più alti, che sfiorano il 60%, si ottengono solo negli impianti molto complessi utilizzati nelle centrali termoelettriche alimentate a gas, dove fra l'altro le temperature in gioco sono più alte.

**Q: Ma allora nelle automobili la maggior parte del carburante viene bruciato per niente! E che fine fa il calore prodotto in eccesso?**

A: Il calore non utilizzato viene disperso nell'ambiente, cioè va a finire nell'aria. Attraverso i gas di scarico e l'acqua del radiatore che provvede a raffreddare il motore. E questo raffreddamento è essenziale dal punto di vista pratico: va fatto davvero, per evitare che il motore si surriscaldi provocando qualche guasto. Controllando in particolare che non si accenda la lucetta rossa della cosiddetta spia dell'acqua, che è un indizio di pericolo imminente.

**Q: Veniamo finalmente all'energia meccanica sviluppata dal motore, che sarà pur poca, ma è quella essenziale. È chiaro che serve a far camminare la macchina, ma come viene utilizzata in concreto?**

A: Capire come viene effettivamente utilizzata questa energia è importante perché ci aiuta ad impiegarla al meglio, evitando appunto gli sprechi. Diciamo subito che una frazione, relativamente piccola, viene utilizzata per far funzionare vari congegni interni, fra cui l'alternatore che mantiene sotto carica la batteria e il condizionatore; e qui l'unica raccomandazione è quella di limitare l'impiego dei gadgets elettrici più voraci. Ben più rilevante è la parte destinata ad accelerare la macchina, cioè a farle acquistare energia di movimento, o a farla marciare in salita, in tal caso conferendole energia potenziale.

**Q: Ah, fermati un momento e prima di andare avanti chiarisci che cose intendi per energia potenziale.**

A: L'energia potenziale è quella che qualsiasi oggetto acquista quando viene sollevato e che poi perde quando lo si lascia cadere. E quindi è quella, come accennavo, che un'automobile acquista superando una salita e perde in discesa. Tornando al discorso di prima, va notato che le quantità di energia necessarie per accelerare la macchina o per farla marciare in salita sono entrambe direttamente proporzionali alla massa totale della vettura, cioè al suo peso. Molto approssimativamente, si valuta che per una vettura media 100 kg di peso addizionale comportino un aumento dei consumi di circa il 3%. E questo è un buon motivo per non sovraccaricare la macchina con pesi inutili. Ma anche, a maggior ragione, per orientare gli acquisti verso vetture non troppo massicce, e quindi facciamo a meno dei SUV! Diciamo infine che un'altra parte di energia, particolarmente rilevante quando si marcia velocemente, serve a vincere i diversi attriti che si oppongono al moto.

**Q: Sui libri di fisica sta scritto che l'energia meccanica si conserva. E allora sia l'energia di movimento che quella di posizione dovrebbero conservarsi. O forse le cose non stanno così?**

A: Che queste due forme di energia si conservino, ossia restino invariate nel tempo, è verissimo. Solo che il diavolo si nasconde nei dettagli. Prendiamo l'energia di

movimento: una volta accelerata la macchina questa energia rimane tale e quale, se prescindiamo dagli attriti dei quali ci occupiamo più avanti. Ma rimane tale soltanto fino alla prossima frenata, che provvede a dissiparla in calore. Tutta quanta, se la macchina arriva ad arrestarsi, solo in parte nel caso di un rallentamento. E qui va ricordato che l'energia di movimento è proporzionale al quadrato della velocità. Ecco allora che l'arresto di una macchina che viaggiava a cento all'ora dissipa quattro volte l'energia di una che viaggiava a cinquanta all'ora. Per lo stesso motivo, un rallentamento che riduca a un terzo la velocità comporta che l'energia residua si riduca a un nono di quella iniziale, cioè quasi a zero in termini pratici. Da tutto ciò si trae una precisa indicazione per una guida attenta agli sprechi. Si tratta di evitare una guida veloce, soprattutto in città dove fermate e rallentamenti sono inevitabili, in particolare rinunciando ad accelerare in vista di un semaforo rosso. Evitando comunque una guida aggressiva, che alterni continuamente accelerazioni e frenate, perché così facendo ogni volta si getta al vento, letteralmente, l'energia appena acquistata.

**Q: E che succede all'energia potenziale, quella che si acquista marciando in salita?**

A: Anche l'energia potenziale, come sta scritto nei libri, si conserva certamente, beninteso viaggiando in piano. Ma fino a quando? Soltanto fino alla prossima discesa, quando inevitabilmente la si perde... E quindi c'è poco da fare. Ma va comunque evitato di accelerare nelle discese, come molti fanno, per poi dover frenare in prossimità delle curve. Per procedere, è meglio sfruttare l'energia potenziale.

**Q: Si era accennato anche agli attriti. Che ruolo giocano? Cosa si può fare per ridurre gli effetti sul consumo di carburante?**

A: Una parte importante dell'energia meccanica del motore serve a vincere gli attriti, cioè le forze che si oppongono al moto. Anzi è proprio qui che va a finire quasi tutta l'energia sviluppata dal motore in un caso particolare tutt'altro che infrequente; cioè quando la macchina marcia in piano a velocità costante, quindi con energia di movimento ed energia potenziale costanti anch'esse. Ora gli attriti sono parecchi. Fra questi, citiamo quelli che riguardano il motore e i suoi congegni, su cui c'è ben poco da fare. Poi c'è quello che agisce fra le gomme e la strada, che è chiamato attrito di rotolamento. E' possibile ridurre l'effetto mantenendo gli pneumatici ben gonfi; meglio ancora utilizzando pneumatici più efficienti, che possono contribuire a ridurre di circa il 2% i consumi di carburante. Non demonizziamo però questo attrito, perché se si annullasse le ruote girerebbero a vuoto e la macchina resterebbero ferma. Come infatti avviene su una superficie ghiacciata perfettamente liscia, dove l'attrito è veramente minimo. E del resto noi stessi, senza un po' di attrito fra le soles delle scarpe e il terreno, non potremmo camminare! Ma poi c'è un'altra forma di attrito, che è la più insidiosa.

**Q: Di che si tratta? E perché dici che è una faccenda insidiosa?**

A: Si tratta della resistenza dell'aria. Quella che le case costruttrici cercano di combattere dando forme aerodinamiche alle vetture, in particolare a quelle più veloci: pensiamo alle macchine di Formula1. Quanto all'insidia, questa nel fatto che la resistenza dell'aria è direttamente proporzionale al quadrato della velocità e quindi la

potenza, che a sua volta è data dal prodotto della forza per la velocità, risulta proporzionale al cubo della velocità. Che è una dipendenza fortissima perchè, raddoppiando la velocità, la potenza necessaria per vincere la resistenza dell'aria non si raddoppia ma diventa ben  $2 \times 2 \times 2 = 8$  volte maggiore. Cosa della quale, viaggiando più veloci del ragionevole, nessuno si accorge e nessuno ci avverte. Per esempio, basta portare la velocità da 120 km/h a 150 km/h perché la potenza necessaria a vincere la resistenza dell'aria cresca del fattore  $(150/120)^3 = 1,95$ , cioè praticamente si raddoppi! E con essa, come è ovvio, aumenta anche il consumo di carburante. Ecco allora un'altra indicazione a favore di marciare a velocità contenute. Ma c'è dell'altro. Bisogna badare a non modificare oltre il necessario l'assetto aerodinamico della macchina, perché questo porta ad aumentare la resistenza dell'aria e quindi il consumo di carburante. Ciò avviene, per esempio, quando si viaggia velocemente con i finestrini aperti, e soprattutto quando sul tetto della vettura si dispongono valigie, sci o altro. Un portapacchi vuoto sul tetto può aumentare i consumi del 10% viaggiando a 90 km/h, come risulta da un esperimento svolto qualche anno fa.

Per concludere, è istruttivo calcolare l'altezza a cui verrebbe scagliata una macchina in un urto in cui venisse deviata verso l'alto e la sua energia di movimento venisse convertita integralmente in energia potenziale. Il risultato si ottiene uguagliando le espressioni matematiche delle due energie: questa altezza è data dalla formuletta velocità al quadrato diviso 260, dove la velocità è espressa in km/h. E quindi marciando a 100 km/h si potrebbe venire scagliati all'altezza di 38 metri, che si quadruplica a oltre 150 metri viaggiando a 200 all'ora. Veramente poco igienico in entrambi i casi!

### **Q: Ci vogliamo fermare qui o c'è dell'altro?**

A: Ci sarebbe parecchio altro da dire, ma fermiamoci qui. Non prima però di aver ricordato che, a parità di percorso, il mezzo energeticamente meno dispendioso è la bicicletta. Perché richiede la metà dell'energia (muscolare) necessaria a spostarsi a piedi, e trenta volte meno di quella consumata da un'automobile. Con il vantaggio addizionale di farci perdere un po' di calorie, opera preziosa in un'era di crescente diffusione dell'obesità.

**FINE**