

Le grandezze fisiche e noi – (frammenti di meccanica)

Classe 3[^]B – Liceo Classico Statale "G. Mazzini" di Genova
XX Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica

Premessa

Guardando un comune oggetto che ci circonda, come ad esempio un libro, se ci chiediamo quanto è largo, spesso oppure alto, molto probabilmente non forniamo una stima precisa senza l'uso di uno strumento (righello, metro, ecc.), tuttavia la stima che effettuiamo ad "occhio" ci porta ad individuare almeno l'ordine di grandezza: non rispondiamo 1 mm neppure 1 metro. Analogamente, se prendiamo in mano un oggetto possiamo stimare la sua massa tramite il suo peso, inquadrando almeno l'ordine di grandezza. Se ci chiediamo: a quale sforzo di una mano corrispondono 20 newton? Siamo in grado di sviluppare facilmente 300 joule in circa un minuto tirando una fune? A queste domande ci è più difficile rispondere e questo semplicemente perché non siamo abituati a misurare forze, lavoro, potenze, ed altre grandezze meccaniche che coinvolgono direttamente il nostro corpo.

"Le grandezze fisiche e noi: frammenti di meccanica" è un'attività di laboratorio finalizzata a misurare alcune grandezze fisiche meno famigliari (in termini di effettiva misura) che interagiscono con il nostro corpo. Quanto segue rappresenta "frammenti" di un percorso più articolato che ogni lettore può sviluppare a suo piacimento.

Misure di forza

Ci possiamo procurare un dinamometro che permette di misurare la forza sviluppata in azioni consuete dalle nostre mani: tale strumento è reperibile a basso costo nella forma di "bilancia da pesca". L'oggetto viene costruito per misurare la massa tramite il peso; a noi è molto utile per effettuare misure di forza. Ancorata un'estremità ad gancio, possiamo tirare l'altra e leggere la forza misurata. Questa è tipicamente indicata in kg_{forza} , che noi ci impegnamo a convertire in newton moltiplicando il valore per 9,8. Scopriamo così come sia facile "tirare con 5 N", mentre è più difficile sviluppare 200 .. 300 N.

Forza e accelerazione

Dal terrazzo dell'Istituto, alto 13 m, è stata calata una massa di 2 kg (un sacchetto contenente due bottiglie di plastica piene di acqua) in una zona non accessibile al pubblico, protetta da cancello, per prevenire ogni possibile incidente conseguente la caduta accidentale del sacchetto. Il corpo si può sollevare tirando una fune orizzontalmente tramite una carrucola. Fra l'estremità della fune e la mano che la tira è presente il dinamometro.

a) Si misura la forza necessaria per tenere sospeso il sacchetto, rilevando il valore (approssimato) di 20 N (conta anche il peso della fune...);

b) Ci chiediamo se per tenere il sacchetto in movimento sia necessaria una forza maggiore. Provando a muoverci osserviamo che l'aumento serve solo per le frazioni di secondi necessarie a conferire al sacchetto la nostra velocità di camminata. Mentre il sacchetto sale a velocità costante la forza rimane quella necessaria per tenere il corpo sospeso. Se non abbiamo cura di tirare camminando a velocità costante, notiamo delle oscillazioni della forza, intorno al valore di 20 N che ci sembra davvero essere il valore medio. Un piccolo incremento di forza, a dire il vero sembra essere presente, ma si riduce lubrificando la carrucola: si tratta della forza d'attrito della fune con la carrucola. Se tentiamo di tirare con una forza di 30 N dobbiamo accelerare... e anche molto. Dopo qualche frazione di secondo non riusciamo a correre alla velocità necessaria, in continuo aumento.

Forza e lavoro

Fatichiamo a tenere la fune ferma con la massa sospesa, sviluppando una forza di 20 N per lungo tempo? Forse non molto, ma possiamo annullare ogni fatica agganciando l'estremità della fune con il dinamometro ad un sostegno, ad esempio il gambo di una sedia. La sedia può tenere la fune sospesa illimitatamente, senza bisogno di alcuna forma di carburante/energia elettrica, ecc. La stessa cosa non vale se desideriamo che qualcosa al nostro posto, abbinati la forza al movimento, cioè tiri al posto nostro il sacchetto verso l'alto. Ci guardiamo intorno... non ci sono motori o animali e il lavoro lo dobbiamo sviluppare noi, camminando per 13 m sviluppando una forza costante di 20 N parallela e concorde con lo spostamento. Tale azione ci

richiede $20 \times 13 = 260$ J. Osserviamo che lo sviluppo di tale energia non ci costa molta fatica, avviene in circa 8 secondi constatando che, sempre senza grossa fatica, siamo in grado di sviluppare una potenza di $260/8 = 32,5$ W. Scopriamo quindi che energie dell'ordine di qualche centinaia di joule, associate a potenze di qualche decina di watt sono valori che siamo in grado di sviluppare con modesta fatica.

Forza conservativa

I 260 joule impiegati per sollevare il sacchetto non sono stati "sprecati". Adesso l'estremità della fune con il dinamometro sarebbe in grado di sviluppare del lavoro, trascinando un corpo sul pavimento, sollevando qualcos'altro tramite un'altra carrucola, oppure accelerando il nostro corpo se fossimo su pattini a rotelle. Non verificiamo, per mancanza di tempo, che ci può essere restituito tutto il lavoro effettuato (a meno di perdite per attrito), ma abbiamo comunque sperimentato un'azione meccanica in cui l'energia spesa può essere (in parte o tutta) restituita. Se l'energia restituita fosse davvero tutta avremmo compiuto lavoro contro una forza conservativa, che è una caratteristica della forza peso.

Sviluppiamo 1 kcal (cioè 4185 joule)

Parlando di energia ci viene in mente il potere energetico degli alimenti. Su un pacchetto di biscotti è riportato il potere energetico di un singolo biscotto: 48 kcal. Quanto ci costa in fatica tale energia? Potremmo appesantire la massa appesa, di un fattore $4185/260 = 16$ volte. Dovremmo così sollevare una massa di $16 \times 2 = 32$ kg, con una forza di 288 N, ma... forse il tubicino di ferro vuoto su cui poggia la carrucola si spezza. I 32 kg potrebbero piombare giù dal terrazzo e, nel caso peggiore, dalla sua sommità: 1 kcal di energia meccanica (cinetica) diventa pericolosa: può uccidere, sfondare una tettoia oppure il tetto di un'automobile. Trasciniamo quindi un grosso tavolo sul pavimento di un corridoio lungo 20 m. Fra la fune e la nostra mano è ancora presente il dinamometro che permette di tenere sotto controllo la forza che sviluppiamo. Appesantiamo il tavolo con libri e giornali fino ad ottenere una forza necessaria per tenere il tavolo in movimento, pari a poco più di 100 N. Abbiamo la fortuna di avere un pavimento piuttosto omogeneo, che ci permette di spostare il tavolo con una forza (abbastanza) costante (non come lo era durante il sollevamento con la carrucola). Un viaggio di andata e ritorno ci fa sviluppare poco più di $100 \times 40 = 4000$ J, cioè circa 1 kcal. L'azione ci richiede circa 100 s, quindi abbiamo sviluppato mediamente una potenza di 40 W. Stavolta la fatica si è un po' sentita... e pensare che abbiamo sviluppato l'energia che ci fornisce 1/48 di biscotto. Ci sembra paradossale che il biscotto possa fornire un'energia 48 volte superiore, sufficiente a svuotare l'intero piano di tutti i banchi, cattedre e sedie presenti, per rude trascinamento sul pavimento. Ci convinciamo di quanto siano state sensazionali le invenzioni dalla macchina a vapore alle macchine termiche all'epoca della Rivoluzione Industriale e come la possibilità di sostituire la fatica dell'uomo "bruciando combustibile" abbia -a quei tempi- non posto i problemi di crisi energetica di oggi.

Forze dissipative

L'esperienza del trascinamento del tavolo ha una caratteristica diversa da quella del sollevamento del sacchetto tramite la carrucola: il tavolo, in questo caso, non ci restituisce l'energia che abbiamo sviluppato: il lavoro speso contro la forza d'attrito fra i gambi del tavolo e il pavimento si è irreversibilmente trasformato in energia interna, andando ad innalzare leggermente la temperatura dei gambi del tavolo e del pavimento. La forza d'attrito, lo sappiamo, è una forza dissipativa. Quando questa compie lavoro, l'energia meccanica totale non si conserva.

Energia sviluppata ed energia "consumata" dai cibi

Sviluppare 1 kcal è stato moderatamente faticoso... svilupparne un migliaio richiede una grande fatica. Questo da un lato spiega perché la ginnastica dimagrante è faticosa, ma dall'altro lato non spiega a fondo come sia possibile "smaltire numerose kcal" durante un'attività ginnica. Ricordiamo che tutte le misure energetiche che abbiamo effettuato, sono state relative a lavoro che il nostro corpo ha effettivamente prodotto esternamente. Durante il nostro movimento, ci sono tante altre forze abbinate a spostamento: basti pensare al movimento dei nostri arti, alle estensioni e contrazioni dei nostri muscoli e alle relative forze d'attrito in gioco. Se i nostri sforzi sono finalizzati al dimagrimento, siamo contenti che lo sviluppo di 1 kcal in

energia meccanica ci richiede uno smaltimento di energia maggiore, la maggior parte della quale riscalda il nostro corpo. Se i nostri sforzi sono finalizzati allo sviluppo di energia meccanica, constatiamo di svolgere il ruolo di una "macchina" con basso rendimento energetico.

La dissipazione di energia in calore o energia interna

Quanto ci riscaldano 260 joule? Proviamo a fare scendere il sacchetto dopo che questo è stato sollevato fino alla sommità del terrazzo, frenandone la discesa facendo scorrere la fune attraverso la nostra mano chiusa. Percepriamo un aumento di temperatura, che può richiederci di intensificare la frenata per rallentare la discesa. L'energia potenziale accumulata durante la salita del sacchetto si trasforma in energia interna sul palmo della nostra mano (non tutta, anche la fune che scorre si riscalda). Se fosse una giornata molto fredda, i 260 joule ci permettono di avere una debole, breve e localizzata sensazione di tepore. Per scaldare l'intero nostro corpo o la nostra abitazione durante le giornate fredde serve una quantità di energia enormemente più grande.

La nostra velocità

La velocità con cui ci muoviamo durante una tranquilla camminata oppure durante una corsa è meno misteriosa, tuttavia oggi giorno la possiamo misurare con buona precisione se camminando o correndo all'aperto utilizziamo un ricevitore GPS ("navigatore satellitare") tascabile. Questo oggetti oggi giorno sono reperibili a un costo poco superiore a 50 EUR. Notiamo che durante una tranquilla camminata sul terrazzo è facile mantenere una velocità di 4.6 km/h.

Conclusioni

Le semplici esperienze realizzate ci hanno fatto familiarizzare con forza, lavoro, energia, potenza, velocità.