



Riccardo Govoni

Direttore scientifico
del MASTeR,
Mantova

Dagli effetti speciali alla fisica

Un giocattolo scientifico, scomparso da molto tempo dal mercato per il prematuro decesso del suo realizzatore, è recentemente riapparso grazie ad un esperto di effetti speciali. Si tratta di un dischetto del tutto simile a quello contenuto in molti termostati, ma con caratteristiche molto più interessanti dal punto di vista dell'insegnamento della fisica, a cominciare dal fatto che spicca salti di oltre 40 cm!

Questo gioco, all'apparenza molto semplice, è costituito da un dischetto a lamina bimetalliche di circa 25 mm di diametro e di 0,3 mm di spessore, concavo da una parte e convesso dall'altra (Figura 1) con una massa di circa 1,2 g.

In condizioni normali, a temperatura ambiente, premendo sulla parte concava il dischetto si appiattisce, ma poi con un secco clic riprende la sua curvatura. Tenendolo tra le mani per pochi minuti o strofinandolo tra le dita, si riesce ad appiattirlo in modo apparentemente stabile, ma se poi lo si pone su di un tavolo, con quella che era la parte concava verso il basso, all'improvviso il dischetto con uno scatto si riporta alla sua forma primitiva e nel contempo schizza verso l'alto. Questo effetto inaspettato e sorprendente, se mostrato in pubblico, è spesso causa di qualche sussulto istintivo con annesso gridolino da parte di chi osserva.

Oltre che fonte di innocenti scherzi, questo dispositivo si presta a molte considerazioni e approfondimenti. Innanzitutto ha una storia curiosa. Io ne sentii parlare per la prima volta dall'amico Maurizio Francesio che mi disse di aver ricevuto con il numero 3 di *Physics Education* del 1987 un dischetto bimetallico con cui si potevano fare diverse considerazioni sulle trasformazioni dell'energia. Al momento ricordo che pensai che in fondo bastava recuperare un disco da un interruttore termico per rifare quelle esperienze. Solo più tardi capii quanto avevo torto.

Dopo i primi articoli apparsi alla fine degli anni Ottanta [1] del Novecento, sul dischetto salterino calò il silenzio. Non perché avesse perso d'interesse, ma perché il costruttore statunitense, che lavorava per la *Edmund Scientific*, era morto all'improvviso senza lasciare le indicazioni su come costruire questi dispositivi. Molti provarono a ricostruire i simpatici *gadget*, ma senza riuscirci e così i macchinari originali furono venduti come ferro vecchio. Solo di recente e grazie alla caparbia di Olov Nylander, un esperto di effetti speciali (tra i suoi film *Poltergeist 2*, *(The) Abyss*, *Grosso guaio a Chinatown*) è possibile ritrovare sul mercato questo prodotto.

Sostanzialmente il dischetto è costituito da una lamina bimetallica formata da una parte di acciaio (l'elemento attivo) ed una di Invar¹ (lega composta principal-

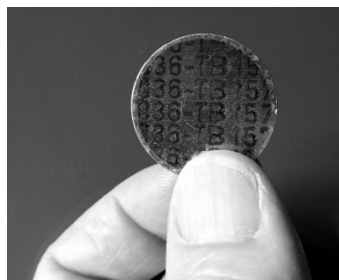
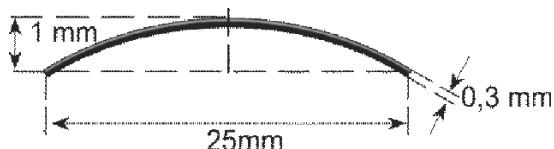


Figura 1.



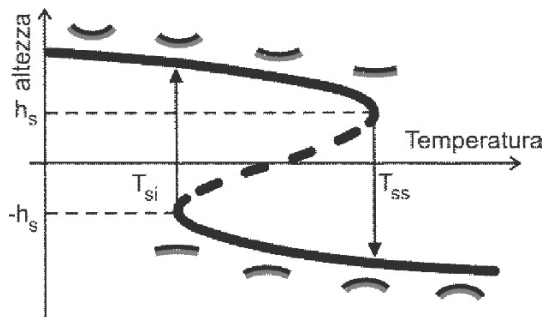


Figura 2. Caratteristica qualitativa del dischetto bimetallico. La curvatura rappresentata dei dischi è esagerata e la parte nera rappresenta l'acciaio mentre quella grigia riproduce l'Invar [3], [4].

mente di ferro e nichel (36%)), incollate assieme. Tuttavia le caratteristiche che deve avere il dischetto per non essere un semplice termostato devono essere di non facile soluzione tecnica se pensiamo che Nylander, che conosceva e vendeva i dispositivi originali, ci ha messo quasi 20 anni di ricerche e ripensamenti prima di ottenere ciò che voleva. Uno dei principali punti critici risiede nello spessore delle lamine (0,15 mm) che deve essere bilanciato con una precisione del μm .

Questo dispositivo ha un pronunciato ciclo d'isteresi, con due temperature di scatto come mostrato in Figura 2 ove T_{si} e T_{ss} rappresentano rispettivamente le temperature di scatto inferiore e superiore.

Per misurarle ho posto il dischetto campione su di una piastra riscaldante. Ho costruito il dispositivo con pezzi di recupero utilizzando due piastre smontate da un liscia capelli rotto tra cui ho inserito una vecchia resistenza a filo ceramica da $22\Omega - 7\text{W}$. La resistenza è stata collegata a un alimentatore a 19 Vcc -3,5 A riciclato da un vecchio portatile ormai in discarica.²

Se il dischetto raggiunge una temperatura di circa 30°C strofinandolo con le mani lo si può flettere e resterà appiattito sino a 26°C , temperatura alla quale riprende con uno scatto la sua forma iniziale.

L'altezza raggiunta nel salto varia sensibilmente da prova a prova ed ancora di più se si varia disco. Col nostro campione si ottiene una altezza media su 10 prove di 0,45 m con una semidisposizione del 20%.

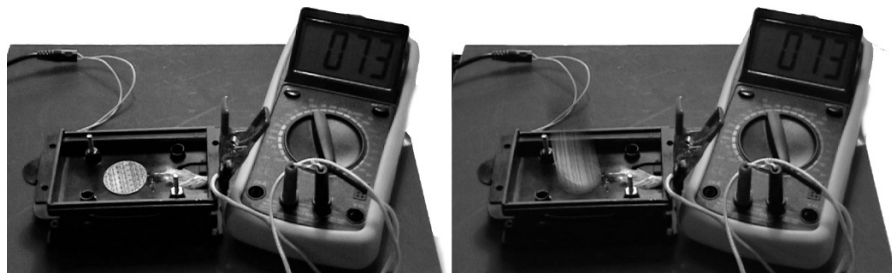


Figura 3. Misura della T_{ss} . Il termometro utilizza una sonda a termocoppia posta accanto al dischetto. Le due immagini, estratte da un filmato, hanno un intervallo temporale di 0,033 s.

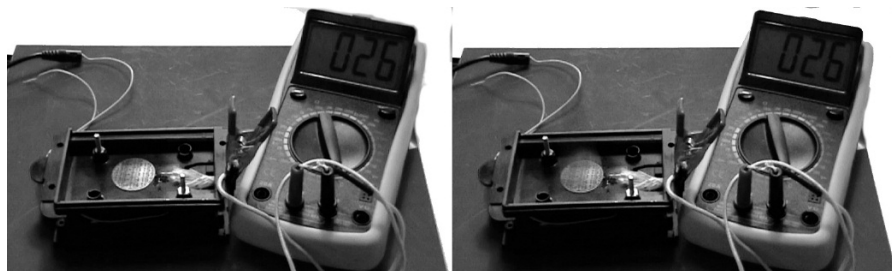


Figura 4. Misura della T_{si} . Staccato l'alimentatore e riposto il dischetto sul riscaldatore, lo si lascia raffreddare. Le due immagini, estratte da un filmato, hanno un intervallo temporale di 0,033 s.

Potrebbe essere interessante proporre agli alunni di trovare la velocità con cui il dischetto balza in alto. Possiamo calcolarla con la relazione $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$; utilizzando $h = 0,45$ m si trova una velocità di circa 3m/s (poco più di 10 km/h). Ragionevolmente trascuriamo l'attrito dell'aria, viste le basse velocità in gioco, come pure possiamo trascurare l'energia di rotazione del dischetto in aria.

Possiamo anche stimare con quale accelerazione il dischetto si stacca dalla superficie del tavolo. Per appiattire il dischetto a temperatura ambiente serve una forza di circa 25 N. Anche questo dato varia molto se il dischetto è nuovo oppure già più volte utilizzato. Questo valore si ottiene ponendo sul lato convesso del dischetto, appoggiato su una superficie piana, una massa via via crescente. Un metodo più semplice, ma che porta comunque a risultati apprezzabili, consiste nello schiacciare lentamente con un dito il dischetto su una bilancia. Non è facile stabilire il punto esatto in cui si ha l'appiattimento e il valore riportato ha un'incertezza stimata del 15%. Se supponiamo l'accelerazione di partenza costante e teniamo conto della massa del dischetto $m = (0,00125 \pm 0,00001)$ kg, si ha: $a = F/m = 25 \text{ N}/0,00125 \text{ kg} = 2,0 \times 10^4 \text{ m/s}^2$ ovvero 2000 volte maggiore dell'accelerazione di gravità! L'accelerazione di un proiettile è "solo" 100 volte maggiore di questa.

Analizzando un video dello scatto del dischetto eseguito con una cinepresa a 1600 fps che si trova in rete [2] e realizzato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Monaco di Baviera si vede che il dispositivo si muove verso l'alto in un tempo di circa 250 μs , per poi ricadere e accelerare nel giro di circa 70 μs per una distanza di soli 0,2 mm [4].

Ultimo suggerimento. Avendo a disposizione un certo numero di dischetti e contando sulle variabili aleatorie in gioco è possibile costruire un simpatico modellino di decadimento spontaneo mettendoli su di un tavolo dopo averli riscaldati poco al di sopra della temperatura di scatto inferiore e attendere. L'impatto coreografico è assicurato!

Una curiosità storica

Si fa risalire l'invenzione della striscia bimetallica all'orologiaio inglese John Harrison (1693-1776) che l'ha utilizzata per la prima volta nel suo cronometro marino del 1759 per compensare i cambiamenti dovuti alla temperatura nella molla a bilanciere.

Bibliografia

- [1] ISENBERG C. (1987) "The jumping disc", *Physics Education* 22; Zwicker E. 1988 "Newton's laws with jumping discs", *The Physics Teacher* 26.
- [2] http://www.wiley-vch.de/berlin/journals/phiuz/10-04/jumping_disc.avi
- [3] C. UCKE e H. J. SCHLICHTING (2009) "Revival of the jumping disc", *Physics Education*, 44.
- [4] C. UCKE e H. J. SCHLICHTING (2010) "Spielerisches Bimetall", *Physik in Unserer Zeit*, 4.
- [5] http://www.jumpingdisc.com/Jumping_Disc/Welcome.html
- [6] <http://www.grand-illusions.com/>
- [7] http://www.klangspiel.ch/bimetallsprungscheibe_jumpingdisc/index.html

Note

1. L'Invar è stata sviluppata dal fisico francese Charles Guillaume nel 1897 ed ha, rispetto all'acciaio, un coefficiente di dilatazione termica molto piccolo: nella gamma di temperature tra -100°C e $+160^\circ\text{C}$, è quasi invariante, da cui l'origine del suo nome. Solitamente lo strato di Invar è visibile e brillante, mentre lo strato di acciaio si trova sotto la scritta pubblicitaria stampata che accompagna i dischetti.
2. Ovviamente tra i rifiuti RAEE.