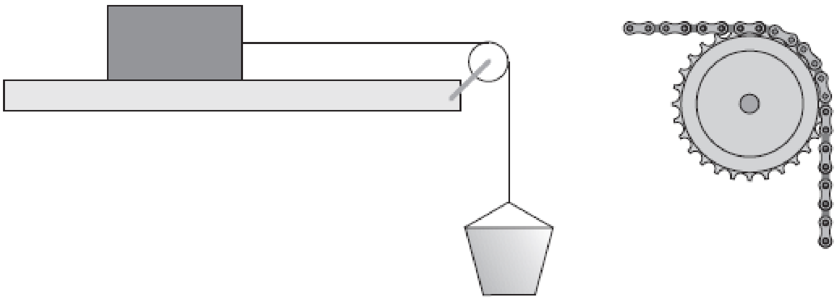
**Progetto "Scienze in Gioco"**
**a.s. 2016-2017**
**Preparazione alla gara locale delle Olimpiadi della Fisica**

*Una scelta un po' esotica: invece di scorrazzare su tutti gli argomenti del sillabo delle Olimpiadi (peraltro interessante: vedi [http://www.olifis.it/index.php/informazioni/sillabo-delle-olimpiadi-di-fisica](http://www.olifis.it/index.php/informazioni/sillabo-delle-olimpiadi-di-fisica)) ci dedichiamo a tre problemi molto classici che sno stati somministrati nelle ultime tre edizioni delle gare nazionali. Tutti i problemi sono di meccanica! E allora partiamo dal 2016...*

AIF – Olimpiadi di Fisica 2016 | 30.a EDIZIONE | Gara Nazionale Teorica – 15 Aprile 2016

## P1 Lo stucco nel secchiello — Punti 100

Un secchiello di massa $m_1 = 850\,\text{g}$ è appeso ad un filo inestensibile che passa nella gola di una carrucola ed è attaccato, all'altra estremità, ad un blocco di massa $M = 2.90\,\text{kg}$ appoggiato su un piano orizzontale (vedi figura a sinistra).



Siano $\mu_s = 0.72$ e $\mu_d = 0.64$ i coefficienti di attrito, rispettivamente statico e dinamico, tra il blocco e il piano d'appoggio. Si trascuri la massa del filo e quella della carrucola. Si supponga che la carrucola possa ruotare sul proprio perno con attrito trascurabile.

1. Si dimostri che in questa situazione il sistema, inizialmente fermo, è in equilibrio, e si calcoli il modulo della forza d'attrito tra il blocco e il piano.

Una palla di stucco, di massa $m_2 = 570\,\text{g}$, viene fatta cadere verticalmente nel secchiello e, arrivata sul fondo, vi aderisce senza rimbalzare e senza far oscillare il secchiello. Sia $v = 4.2\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$ la velocità della palla al momento dell'impatto.

Sia $F(t)$ l'intensità della forza che la palla esercita sul secchiello per un breve intervallo di tempo $\Delta t$. Si indichi con $F_p$ il suo valore massimo (detto *di picco*) e con $<F>$ il suo valore medio durante l'urto. Posto $<F> = \alpha F_p$, il valore di $\alpha$ dipende dai dettagli dell'urto, ovvero dalla forma del picco nel grafico $F(t)$; valori ragionevoli possono variare nell'intervallo tra 0.5 e 0.8. Si supponga che nel nostro caso sia $\alpha = 0.7$ .

2. Tenendo conto di tutte le forze in gioco (anche di quelle non impulsive) si trovi qual è il minimo valore che dovrebbe avere la durata $\Delta t$ dell'urto affinché il secchiello e il blocco non vengano messi in moto dall'urto.

Si supponga, d'ora in poi, di poter trattare l'urto come istantaneo.

3. Si calcoli la velocità $V$ del secchiello immediatamente dopo l'urto.
4. Si calcoli l'accelerazione $a$ del secchiello dopo l'urto.

Si consideri ora una situazione in cui la carrucola è sostituita da una ruota dentata di massa $m_3 = 750\,\text{g}$ (a destra in figura), il filo è sostituito da una catena ideale perfettamente flessibile e di massa trascurabile incastrata nella ruota. Per il calcolo del momento d'inerzia si supponga di poter assimilare la ruota dentata a un disco omogeneo di raggio $R$.

5. Si calcoli, in questa nuova situazione, la velocità $V'$ del secchiello subito dopo l'urto.
6. Si determini l'accelerazione $a'$ del secchiello dopo l'urto.

Concetti chiave: attrito statico e dinamico, impulso e quantità di moto, momento di una forza.

*Poi passiamo al problema di meccanica del 2015:*

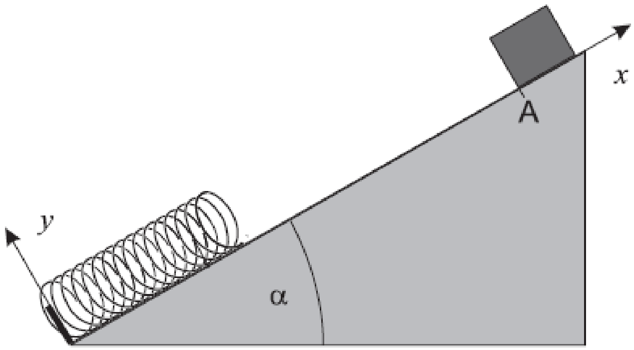
AIF – Olimpiadi di Fisica 2015 Gara Nazionale – Prova Teorica – 10 Aprile 2015

## P 3 Scivolamento con rimbalzo Punti 100

Una molla ideale di costante elastica $k = 30\,\mathrm{N/m}$ e lunghezza a riposo $\ell_0 = 30\,\mathrm{cm}$ è fissata ad una estremità nel punto più basso di un piano inclinato di un angolo $\alpha = 30°$ rispetto all'orizzontale, ed è appoggiata sul piano inclinato.

Si fissi un sistema di riferimento cartesiano con l'origine alla base del piano inclinato, e l'asse $x$ parallelo al piano e orientato verso l'alto.

Un blocco di massa $m = 200\,\mathrm{g}$ viene lasciato libero da fermo sul piano inclinato. La posizione del blocco sarà sempre data dalla coordinata $x_\mathrm{A}$ della sua faccia anteriore (A); inizialmente A dista 70 cm dall'origine delle coordinate. Si consideri in una prima fase una situazione in cui l'attrito è trascurabile.




1. Si esprima – scalarmente – la forza risultante agente sul blocco, $F_\mathrm{R}$, in funzione di $x$, sia quando il blocco è staccato dalla molla sia quando è a contatto con essa. Si determini in quale posizione $x_0$ la forza risultante è nulla. Si tracci un grafico di $F_\mathrm{R}(x)$.
2. Si determini la posizione $x_1$ in cui il blocco raggiunge la sua velocità massima.
3. Si trovi l'espressione dell'energia potenziale e di quella cinetica del blocco in funzione di $x$.
4. Si determini la posizione $x_2$ in cui il blocco inverte il suo moto.

Si supponga ora che ci sia un attrito non trascurabile e che i coefficienti statico e dinamico siano rispettivamente $\mu_\mathrm{s} = 0.56$ e $\mu_\mathrm{d} = 0.52$.

5. Si verifichi che anche in questo caso il blocco, lasciato fermo nel punto A, scivola, e si trovi in quale posizione $x_3$ inverte ora il suo moto.
6. Si trovi l'espressione $E(x)$ dell'energia meccanica in funzione di $x$ nel moto del blocco da $x_\mathrm{A}$ a $x_3$.
7. Si determini la posizione $x_4$ in cui il blocco raggiunge la massima velocità.
8. Si trovi in quale posizione $x_5$ il blocco si arresta definitivamente.

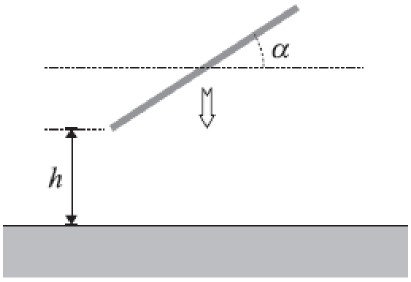
Concetti chiave: attrito statico e dinamico, velocità massima e punto di equilibrio, velocità nulla, conservazione energia e lavoro della forza d'attrito.

*E poi ancora indietro al 2014 con un bel problema che combina la cinematica con la dinamica rotazionale.*

## P1 Sbarra in caduta

Punti 100

Il moto di una sbarra che cade urtando con un estremo il pavimento e rimbalza è in generale piuttosto complicato. Al variare dell'inclinazione della sbarra si possono presentare comportamenti differenti. Il modo più conveniente per affrontare questo tipo di problemi consiste nella schematizzazione del moto come composizione di una rotazione attorno al Centro di Massa (CdM) e una traslazione dello stesso. Questa schematizzazione è utile sia per descrivere il moto, sia per esprimere l'energia della sbarra. Il problema esamina un caso particolare.




La sbarra è rigida e omogenea, ha lunghezza $\ell$ e massa $m$; le sue dimensioni trasversali sono trascurabili rispetto alla lunghezza. All'inizio l'asta è ferma ed inclinata di un angolo $\alpha$ (con $0° < \alpha < 90°$) rispetto al piano orizzontale ed il suo estremo sinistro, il più vicino al pavimento, è posto ad altezza $h$ dallo stesso. Il pavimento è piano, orizzontale, rigido e senza attrito. Gli urti sono elastici.

La sbarra viene lasciata cadere senza ruotare e urta il pavimento prima con l'estremità sinistra e poi con quella destra.

1. Il primo urto avviene con velocità del CdM in modulo uguale a $v_0$. Si esprima $v_0$ in funzione di $h$.

L'urto con il pavimento può essere schematizzato mediante l'azione di una forza impulsiva $\vec{F}$ che agisce per un intervallo di tempo (molto breve) $\Delta t$.

2. Si scrivano le equazioni che consentono di calcolare le eventuali variazioni della quantità di moto, del momento angolare e dell'energia della sbarra "nell'urto", e cioè tra "un istante immediatamente prima" l'urto e "uno immediatamente dopo". È sufficiente considerare il primo urto. Si indichi con $\vec{v}_1$ la velocità del CdM subito dopo il primo urto.

3. Si determinino $\vec{v}_1$ e la velocità angolare $\omega_1$ con cui la sbarra ruota dopo il primo urto, in funzione di $v_0$, $\ell$ e $\alpha$.

   *Si ricordi che per una sbarra di larghezza trascurabile, lunghezza $\ell$ e massa $m$ il momento di inerzia rispetto ad un asse passante per il CdM e ortogonale alla sbarra vale $I = m\ell^2/12$.*

4. Si dica qual è il tipo di moto del CdM dopo il primo urto, se ne trovi l'accelerazione e si specifichi quali sono i casi qualitativamente diversi che si possono presentare.

In qualche caso si osserva che, quando l'estremità destra della sbarra urta il pavimento, essa, inclinata dalla parte opposta, forma con l'orizzontale un angolo nuovamente uguale ad $\alpha$.

5. Si dica per quale intervallo di valori dell'angolo $\alpha$ è impossibile che si verifichi la situazione descritta.

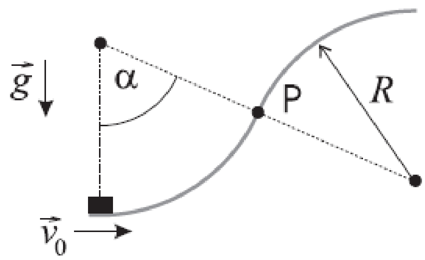
6. Nell'intervallo di valori di $\alpha$ per cui il rimbalzo descritto è possibile, si trovi il rapporto $h/\ell$ in funzione di $\alpha$.

7. Si trovi $h$ per $\alpha = 60°$ e $\ell = 2\,\mathrm{m}$.

E per finire un problema della gara locale del 2016, sempre di meccanica ovviamente!

## P2 Sull'Ottovolante — Punti 20

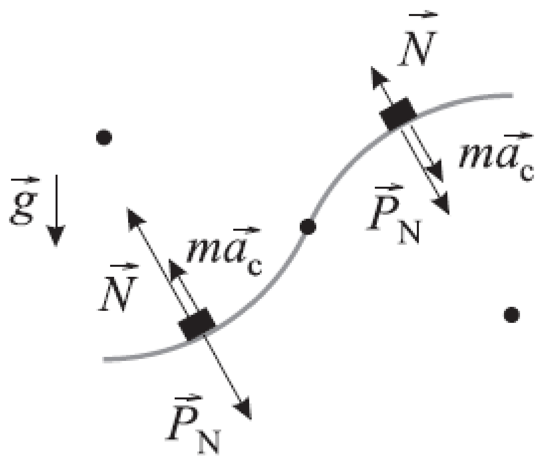
Un carrello di massa $m$ viene appoggiato su una rotaia che presenta attrito trascurabile e lanciato con velocità $v_0$ dal punto più basso, come mostrato in figura. La rotaia è formata da due archi di cerchio uguali, di raggio $R$ su un piano verticale, raccordati nel punto P. Sia $\alpha$ l'angolo che la normale comune ai due archi di circonferenza nel punto di raccordo forma con la verticale (v. figura).




Si vuole che il carrello arrivi nel punto più alto senza distaccarsi mai dalla rotaia.

1. Supponendo che il carrello possa arrivare nel punto più alto senza staccarsi dalla rotaia, qual è – in funzione dei dati forniti – la minima velocità iniziale $v_0$ che deve avere?
2. Si dimostri che, se il carrello si stacca dalla rotaia, questo avviene appena superato il punto P.
3. Che condizione deve soddisfare la velocità iniziale $v_0$ perché il carrello non si stacchi?
4. Per quali valori dell'angolo $\alpha$ non è possibile che il carrello arrivi nel punto più alto mantenendo il contatto con la rotaia?

Paolre chiave: cinematica rotazionale, reazione normale, conservazione energia.




Tutto il materiale è elaborato dal Gruppo Olifis e si può reperire sul sito http://www.olifis.it dove è possibile trovare una versione dettagliata delle soluzioni.