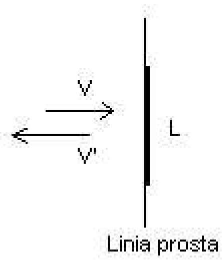
XLV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I
Zadanie teoretyczne

ZADANIE T5

Na gładkiej poziomej powierzchni stołu, wzdłuż zaznaczonej linii prostej leży cienki jednorodny patyczek o długości *l.* Po stole ślizga się małe ciało, które zderza się prostopadle z patyczkiem wprawiając go w ruch. W ciągu krótkotrwałego zderzenia prędkość ciała zmienia się z **u** na **u**'(**u**|| -**u**'). ryc. 11. W jakiej odległości od środka patyczka musi nastąpić zderzenie, by żaden z kolców patyczka nie przekroczył zaznaczonej linii prostej ?



ROZWIĄZANIE ZADANIA T5

Przyjmijmy układ odniesienia związany ze stołem. Niech punkt *O,* w którym znajduje się początkowo środek patyczka, będzie początkiem układu współrzędnych. Ciało o masie *m* przekazuje patyczkowi pęd $\Delta \boldsymbol{p} = m\,(\upsilon - \upsilon')$ oraz moment pędu o wartości $r\Delta\, p$ względem punktu *O*, gdzie *r* jest odległością punktu zderzenia od środka patyczka. Mamy zatem równania

$$MV = \Delta p. \qquad (1)$$

$$Iw = r\Delta p. \qquad (2)$$

gdzie *V* jest prędkością liniową (skierowaną zgodnie z υ), zaś ω prędkością kątową patyczka po zderzeniu. *M oznacza masę, a I -* moment bezwładności patyczka względem osi obrotu przechodzącej przez jego środek masy. Środek masy patyczka porusza się prostoliniowo z prędkością *V*, patyczek obraca się wokół swojego środka z częstością kątową ω*.* Żaden z końców patyczka nie przekroczy zaznaczonej linii, gdy ω 1/2 *V*, co zgodnie z równaniami (1) i (2) odpowiada warunkowi

$$(r\,/\,I\,)\cdot 1/2 < 1/M \qquad (3)$$

Podstawiając do ostatniego wzoru $I = Ml^2/12$ otrzymujemy

$$r < (1/6)\ l. \qquad (4)$$

Jest to warunek, jaki musi spełniać odległość punktu zderzenia ciała z patyczkiem, by żaden z końców patyczka nie przekroczył zaznaczonej linii. Warunek ten, jak widać nie zależy ani od masy patyczka, ani od pędu ciała uderzającego w patyczek. W rozwiązaniu nie korzystaliśmy z zasady zachowania energi, gdyż nie ma takiej potrzeby. Po za tym nic nie wiemy o charakterze zderzenia. Możemy przyjąć, że patyczek przejął w czasie zderzenia energię ΔE. Energia ta rozkłada się na energię ruchu postępowego środka masy oraz energię ruchu obrotowego patyczka.

$$\Delta E = (1/2)\, MV^2 + (1/2)\, I\omega^2.$$

gdzie V i ω są związane zależnością wynikającą z równań (1), (2):

$$I\omega = rMV,$$

skąd $\omega/V = rM / I$. Zatem dla ustalonej wartości przekazanej energii ΔE patyczek będzie się obracał tym szybciej, im większa jest odległość r.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk z OF"

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl