

Na poziomym, nieograniczonym torze mamy dwa wózki z silnymi magnesami ustawionymi tak, by stale się odpychały. Tarcie udało nam się zlikwidować. Sytuacja jest taka, że w ułamku sekundy, gdy cięższy z wózków był nieruchomy, drugi pędził w jego stronę, a wartość jego pędu wynosiła  $80 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ . Sporządź w jednym układzie współrzędnych wykres zależności pędu od czasu dla każdego z wózków, rozpoczynając od chwili opisanej w zadaniu, przy założeniu, że masy wózków wynosiły  $30 \text{ kg}$  i  $10 \text{ kg}$ . Wykres powinien być realistyczny w takim stopniu, by nie obejmował sytuacji niemożliwych.

To jest zadanie dla „smakoszy”. Powinno być realizowane po omówieniu zasady zachowania pędu i zasady zachowania energii. Zadanie nie wymaga nawet liczenia na papierze, można wszystkie występujące w nim wartości policzyć w pamięci. Czego nie można? Nie można odpowiedzieć na postawione pytania bez logicznego wnioskowania, bez uruchomienia wyobraźni.

Gdy mówi się o zderzeniu sprężystym, to znaczy bez straty energii, zwykle podaje się przykład zderzenia kulek bilardowych - zderzenia bardzo krótkotrwałego, po którym w zasadzie nic się już nie dzieje.

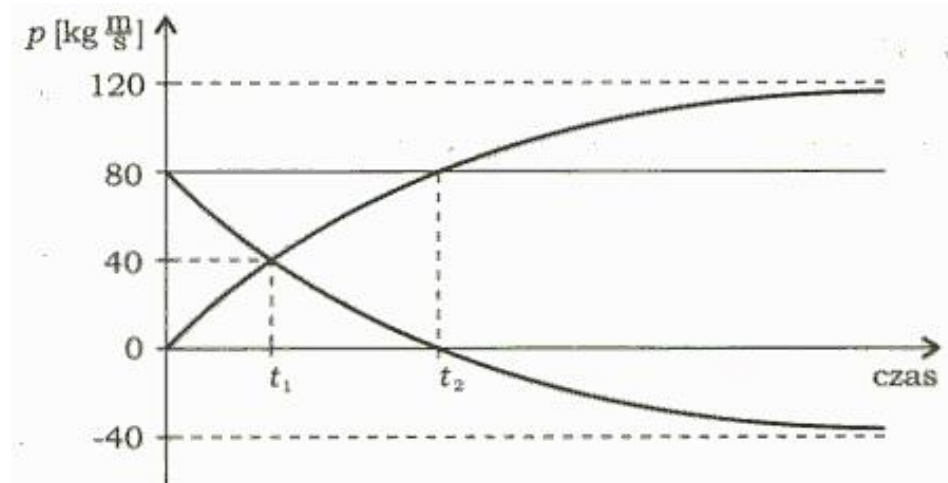
Tu mamy zderzenie idealnie sprężyste, które trwa od początku doświadczenia do końca! Zderzenie to oddziaływanie. Tutaj oddziaływanie ustanie dopiero wtedy, gdy dwa pojazdy oddalą się od siebie bardzo daleko.

Przypomnieć trzeba dwie prawdy poznane w poprzednich rozważaniach.

1. Po sprężystym zderzeniu poruszającej się masy  $m$  z będącą w spoczynku masą  $3m$  obie masy poruszać się będą z **jednakowymi szybkościami w przeciwnych kierunkach, to znaczy ich prędkości będą miały jednakową wartość i kierunek, a zwroty przeciwne**. (To łatwo policzyć, jeśli się nie pamięta).
2. Pęd jest zachowany, więc sumaryczny pęd będzie stale wynosił  $80 \text{ (kg}\cdot\text{m)/s}$ , a zatem po „zderzeniu” przy równych szybkościach pęd cięższego wózka będzie trzykrotnie większy niż pęd lżejszego. Pęd lżejszego będzie miał zwrot przeciwny niż pęd wózka o większej masie (na wykresie będzie ujemny). Stąd prosty wniosek: po zderzeniu (a w przypadku oddziaływania pól magnetycznych, teoretycznie, w nieskończoności) pędy będą wynosiły  $120 \text{ (kg}\cdot\text{m)/s}$  i  $-40 \text{ (kg}\cdot\text{m)/s}$ .

Bardzo zainteresowanym dodamy, że środek masy układu cały czas poruszał się w jednym kierunku, a prędkość jego wynosiła  $v_s = p/m$ , czyli pęd układu podzielony przez masę układu, czyli:

$$\frac{80 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{40 \text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Teraz można zadać kilka pytań:

- Co oznacza punkt przecięcia się krzywych?

Odpowiedź: czas (moment), w którym pędy obu pojazdów były jednakowe (miały po 40 (kg\*m)/s).

- Czy w tym momencie prędkości były też jednakowe? Nie.

- A kiedy były jednakowe prędkości?

W tym momencie, gdy oba pojazdy były najbliżej siebie.

- Dlaczego?

Ponieważ tylko w tym momencie, gdy ktoś przestaje się do ciebie zbliżać, a zaczyna się oddalać, jego prędkość względem ciebie wynosi zero, co znaczy, że jeśli obaj się poruszacie, to z taką samą prędkością.

- Logiczne, ale na wykresie będzie to chwili wcześniejszej lub późniejszej niż wyrównanie pędów.

Wyrównanie pędów nierównych mas znaczy, że mniejsza masa porusza się szybciej niż większa, czyli że zwalnająca lżejsza masa jeszcze się do „grubszej” zbliża. A więc maksymalne zbliżenie będzie później niż wyrównanie pędów.

- Czy oddalanie się od siebie pojazdów rozpocznie się od momentu, gdy mniejsza masa zatrzyma się (też wyraźny punkt na wykresie)?

To by było sprzeczne z tym, do czego doszliśmy wcześniej - względna prędkość ma być równa zero, a przecież większa masa nigdy się nie zatrzyma. Zatem ten moment wyrównania prędkości znajduje się gdzieś między  $t_1$  i  $t_2$ .

Znowu logiczne.

I tak można prowadzić rozmowę znacznie dłużej, ale tylko z tymi, którzy „połknęli haczyk”. Energia kinetyczna, wzajemna odległość, prędkość dwóch wózków – wszystko dla tej samej osi czasu to tematy, które mogą dużą grupę zająć na dłuższy czas.

*Odnieś się krytycznie do tekstu z zadania: „ tarcie wózków udało się zlikwidować...”* Czego się spodziewamy? By uczeń zauważył nonsens powtórzony celowo przez autora. Gdy brak jest tarcia, to i kółek nie potrzeba. Wózek to chyba z definicji coś, co ma kółka, by tarcie było mniejsze niż bez. Ale jeśli tarcia nie ma? To kółka mogą być, ale i tak nie będą się kręciły (albo każde inaczej).