

X OLIMPIADA FIZYCZNA (1960/1961). Stopień I, zadanie teoretyczne – T3.

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Aniela Nowicka: Olimpiady Fizyczne IX i X. PZWS, Warszawa 1965, str. 87 – 90;
Andrzej Kaczmarczyk: Rower. Młody Technik, nr 10/147, 1960.

Nazwa zadania: Utrzymanie równowagi podczas jazdy rowerem.

Działy: Mechanika.

Słowa kluczowe: Siła, ciężar, oś obrotu, moment pędu, giroskopowy, efekt, żyroskopowy, prędkość kątowa, moment bezwładności.

Zadanie teoretyczne – T3, zawody I stopnia, X OF.

Wyjaśnij w jaki sposób i dlaczego utrzymuje się łatwo równowagę roweru podczas jazdy. Jakie czynniki zwiększają pewność równowagi?

Rozwiązanie

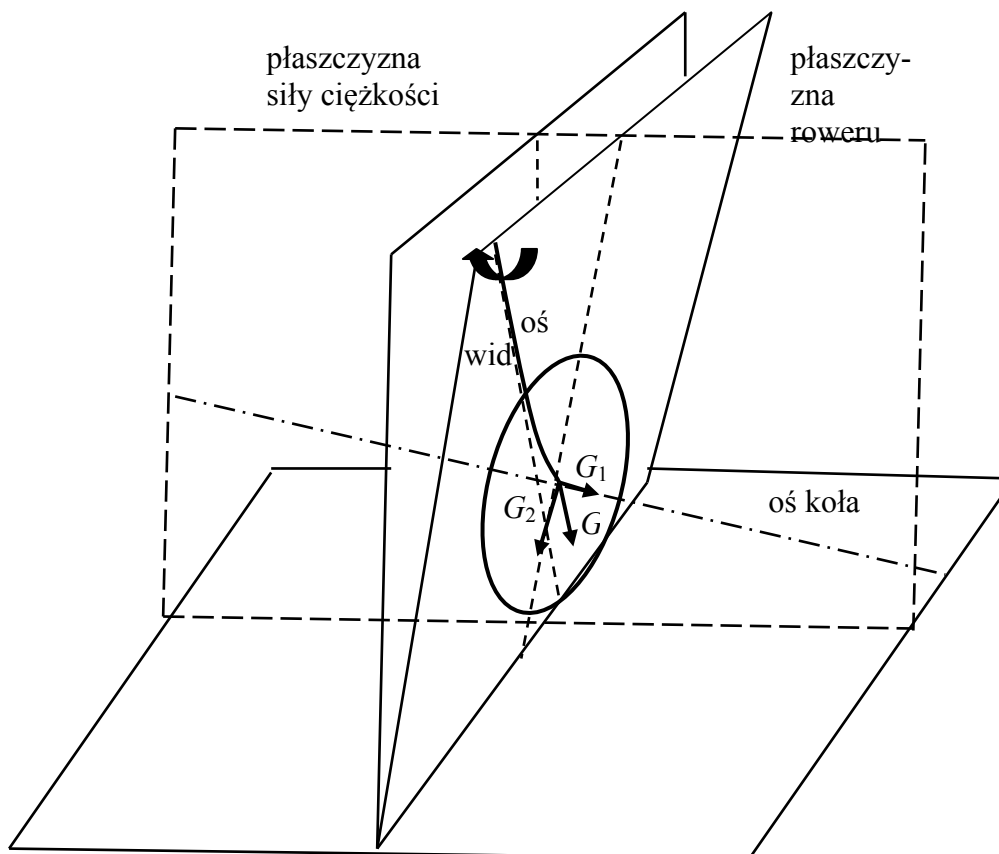
Teoretyczna strona zagadnienia jazdy na rowerze jest trudna, przekracza ona możliwości uczniów, nawet mających do dyspozycji odpowiednią literaturę popularną. Wiadomości ze szkolnej fizyki (z dziedziny kinematyki i statyki bryły sztywnej) nie mogą wystarczyć do wyjaśnienia zachowania równowagi podczas jazdy rowerem.

Dziwnym zbiegiem okoliczności w okresie zawodów I stopnia X Olimpiady Fizycznej ukazał się w „Młodym Techniku” artykuł mgr inż. Andrzeja Kaczmarczyka pt. „Rower”. Czytelnicy „Młodego Technika”, a było ich wielu wśród zawodników Olimpiady, streszczali wiadomości podane przez autora w części artykułu pt. „Dlaczego się nie przewraca”. Podamy tu, nie w interpretacji lecz w oryginale, kilka bardziej interesujących fragmentów artykułu ze względu na techniczne podejście do zagadnienia.

„Sekret stabilizacji roweru polega na przejściu do jazdy po odpowiedniej krzywej przy każdym przechyleniu się roweru; dokonuje tego jeździec skręcając kierownicę w stronę przechylenia. Wyjście z jazdy po krzywej odbywa się znów przez obrót kierownicy przy jednoczesnym ruchu ciałem dla przesunięcia środka ciężkości układu. Tym sposobem rzeczywista droga roweru, o którym sądzimy, że jedzie prosto, składa się z kolejnych łagodnych łuków, którym odpowiadają niewielkie przechylenia roweru i niezauważalne ruchy kierownicą.

Dzięki swoim właściwościom rower ułatwia jeźdźcowi zadanie w ten sposób, że kierownica rozpoczyna obracać się sama we właściwą stronę i we właściwej chwili, niejako sygnalizując potrzebę podjęcia określonej akcji. Sama akcja wykonywana jest przez jeźdźcę odruchu, a nauka jazdy rowerem polega na wyrobieniu w sobie tego odruchu.

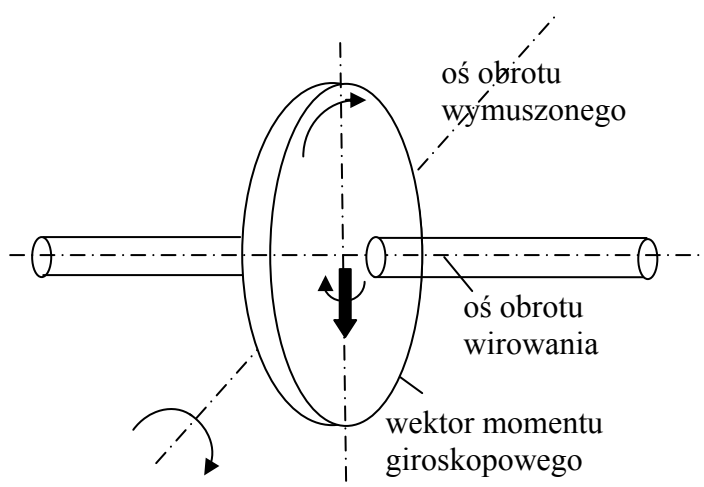
Wyjaśnimy teraz skąd się biorą te „pożyteczne” właściwości roweru. Istnieją dwa czynniki powodujące samoczynne obracanie się przedniego koła wraz z kierownicą w tę stronę, w którą musi zakręcić rower, aby zachowana była równowaga. Pierwszym z nich są siły ciężkości. Współczesne rowery są tak zbudowane, że oś obrotu przedniego koła nie przecina się z osią obrotu widelca i kierownicy. Ma to ten skutek, że jeśli rower przechyli się np. w prawo, to siła ciężkości G przedniego koła przyłożona do jego osi, pozostając pionową, odchyli się od płaszczyzny koła (rys. 1).



Rys. 1.

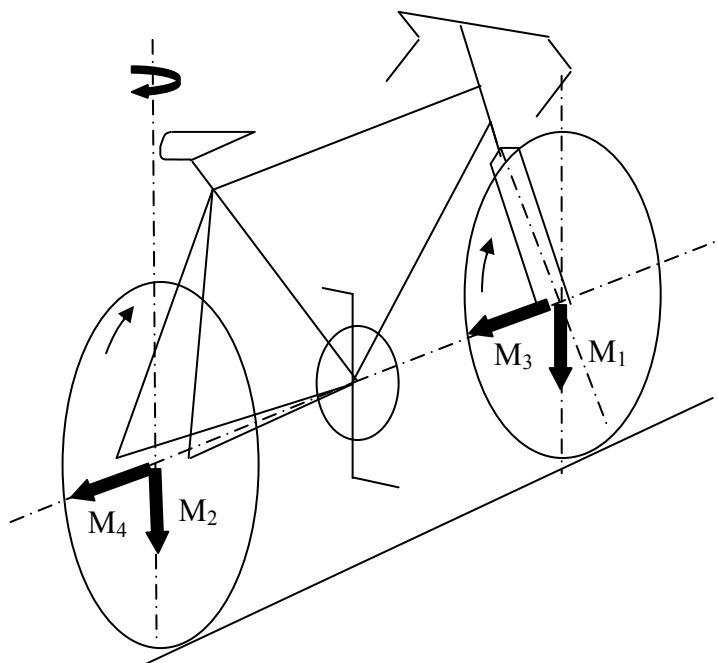
Tę wychyloną siłę można rozłożyć na dwie składowe: G_1 – prostopadła do koła, leżąca na jego osi, i G_2 – w płaszczyźnie koła. Siła G_1 będzie obracała koła względem osi widelca, wprowadzając rower w prawy zakręt potrzebny do zachowania równowagi. Działanie tej siły jest niezależne od prędkości jazdy – można to stwierdzić przechylając nieruchomy rower: kierownica sama obróci się w stronę przechylenia.

Drugi czynnik stanowią momenty giroskopowe, których występowanie związane jest z obrotem kół roweru. Jeśli ciało wirujące zechcemy obrócić dookoła osi prostopadłej do osi wirowania, wywołamy powstanie momentu reakcji o kierunku prostopadłym do osi wirowania i do osi obrotu (rys. 2).



Rys. 2.

Nosi on nazwę momentu giroskopowego i jest tym większy, im większa jest prędkość kątowa wirowania, moment bezwładności oraz prędkość kątowa wymuszanego obrotu. Istnienie momentu giroskopowego można stwierdzić za pomocą wprawionego w ruch, wymontowanego koła rowerowego, uniesionego w rękach za ośkę. Jeśli trzymane przed sobą koło, obracające się tak jak w czasie jazdy rowerem, zechcemy przechylić np. w prawo (dokoła osi poziomej), to stwierdzimy, że oddziałuje ono na ręce tak, jak gdyby „coś” chciało je obrócić w prawo dookoła osi pionowej. Tym czymś jest właśnie moment giroskopowy.



Rys. 3.

Jeśli więc jadący rower zacznie przechylać się w prawo, jego koła wytworzą momenty giroskopowe M_1 i M_2 (rys. 3) o wektorach pionowych skierowanych na dół. Momenty te spowodują obrót przedniego koła w prawo, więc zgodnie z siłą ciężkości...

Bardzo ważną sprawą jest to, że wielkość momentu giroskopowego zależy od prędkości, z jaką przechyla się rower. Moment „pojawia” się jednocześnie z powstaniem tej prędkości, jak tylko rozpocznie się przechylenie. Działanie siły ciężkości zależy od wartości kąta nachylenia roweru, występuje więc dopiero wtedy, kiedy ten kąt osiąga określoną wartość.

W niektórych pracach z Okręgu Warszawskiego uczniowie pomijali wpływ obrotu kół roweru na zachowanie równowagi kolarza podczas przechylania się roweru. Inni, jak już wspomniano, streszczali w/w artykuł bez większego zrozumienia, czemu zresztą nie można się dziwić. Jeden z zawodników samodzielnie napisał: „Koła roweru podczas obrotu można traktować jak dwa baki, których osie są do siebie równoległe. Podczas obrotu dążą one do zachowania kierunku osi i to tym skuteczniej, im szybciej koła obracają się. Dlatego podczas szybkiej jazdy łatwo jest utrzymać równowagę”. Taka odpowiedź jest na miarę ucznia i została odpowiednio oceniona.

Dodajmy od siebie pewne wyjaśnienia dotyczące efektu żyroskopowego. Aby zmienić kierunek osi np. koła obracającego się wokół osi poziomej, przykładamy do niej siły zewnętrzne. Okazuje się, że moment pary sił leżących w płaszczyźnie poziomej (skierowany pionowo do góry) wywołuje obrót tej osi w płaszczyźnie pionowej. Zjawisko to jest przykładem tzw. efektu żyroskopowego. Posłuchajmy, co mówi o nim prof. Piekara: „Efekt żyroskopowy przejawia się nieraz w tak osobliwy sposób, że może wprowadzić w zdumienie ludzi nawet niezłe obeznanych z prawami fizyki”.