

## VI OLIMPIADA FIZYCZNA (1956/1957). Stopień I, zadanie teoretyczne – T2.

**Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;  
Janusz Ostrowski: Olimpiady Fizyczne V i VI. PZWS, Warszawa 1963,  
str. 128 – 131.

**Nazwa zadania:** Czynniki powodujące odkształcenie opony roweru przy obciążeniu.

**Działy:** Mechanika, termodynamika.

**Słowa kluczowe:** równowaga sił, ciężar, powierzchnia styku, temperatura, ciśnienie, objętość, prawo przemiany izochorycznej, obciążenie, rower.

### Zadanie teoretyczne – T2, zawody I stopnia, VI OF.

Zależnie od obciążenia roweru i temperatury obserwujemy zmianę wielkości powierzchni styku opony z płaskim podłożem. Zastanów się, jaki czynnik ma decydujący wpływ na wielkość tych zmian. Pomijając pozostałe czynniki oblicz, w jakim stopniu zmieni się powierzchnia styku wskutek zmiany temperatury od 20°C do 60°C.

### Rozwiązanie

Dość ważne znaczenie w fizyce ma jakościowe oszacowywanie różnych wielkości, roli różnych czynników, orientowanie się co do „rzędu” wielkości.

Wpierw jednak zdajmy sobie sprawę z istoty zjawiska. Równowaga sił w uginającej się pod ciężarem oponie roweru następuje wówczas, gdy ciężar całości roweru zrównoważy się z parciem powietrza opony na powierzchnię styku opony z podłożem.

$$Q = p \cdot S \quad (1)$$

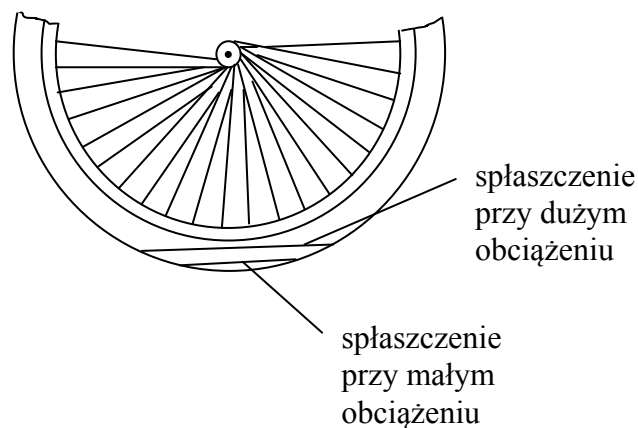
gdzie  $Q$  oznacza ciężar,  $p$  – ciśnienie powietrza w oponie,  $S$  – powierzchnię styku.

Zakładamy, że opona jest nierozciągliwa, tzn. że objętość nieobciążonej opony jest taka sama przy różnych ciśnieniach powietrza w oponie.

Opona, spłaszczając się pod ciężarem roweru, powoduje wzrost obu czynników (wzór 1): powierzchni styku  $S$  i ciśnienia  $p$  – wskutek zmniejszenia pojemności spłaszczanej opony.

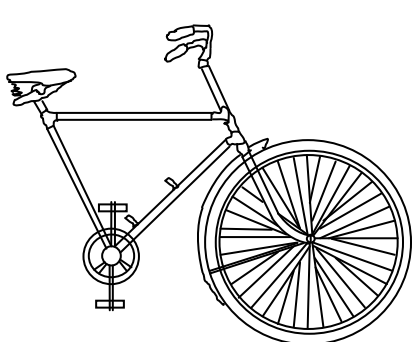
Chodzi o zorientowanie się, który z tych dwóch czynników gra dominującą rolę. Oszacujmy zmiany każdego z nich. Przeciętna opona rowerowa ma około 2 m długości, 4 cm średnicy i 2400 cm<sup>3</sup> pojemności; spłaszczenie jej pod wpływem ciężaru roweru (nawet przy „słabym napompowaniu”) nastąpi najwyżej na długości około 30 cm i szerokości około 4 cm. W takim przypadku zmiana pojemności wyniesie najwyżej około 200 cm<sup>3</sup>, a zatem zmiana ciśnienia wyniesie również najwyżej  $8 - 10\% \left( \frac{200 \cdot 100}{2400} \right) = 8,4\%$ . Natomiast zmiana po-

wierzchni styku opony z podłożem, wywołana wzrostem obciążenia roweru, może być „śmiało” 2 – 4-krotna. A zatem widać wyraźnie, że głównym czynnikiem decydującym o wielkości ugięcia opony pod wpływem zmian obciążenia jest zwiększanie się jej powierzchni styku z podłożem, a nie nieznaczny stosunkowo wzrost ciśnienia spowodowany zmniejszeniem się pojemności. Por. rys. 1, który ilustruje nieznaczną zmianę pojemności opony przy dwóch obciążeniach i kilkakrotną zmianę powierzchni styku opony z podłożem.

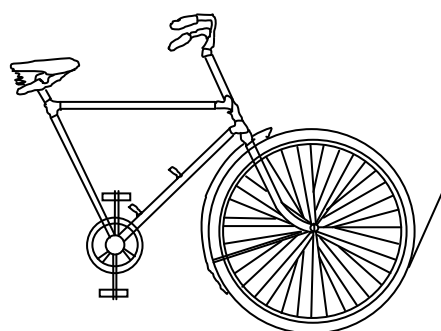


Rys. 1.

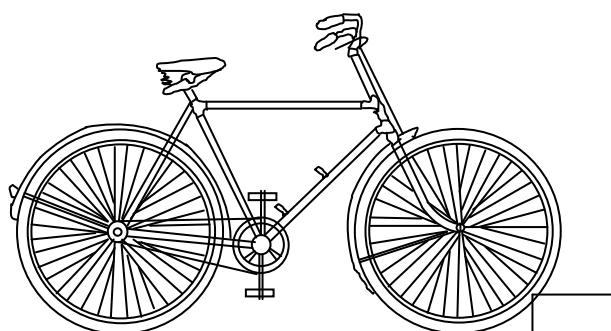
Teraz już łatwo wytłumaczymy znany fakt, że nawet gdy z dość dużą siłą uderzymy kołem roweru w ścianę lub gdy nawet bardzo prędko wjeżdżamy z poziomu na stromy pagórek, to nie następuje tzw. „dobicie” opony do obręczy koła (rys. 2 i 3). Natomiast wy-



Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.

starczy nawet stosunkowo lekkie uderzenie w krawężnik lub wystający korzeń, aby nastąpiło dobitcie opony do obręczy (rys. 4). W pierwszych dwóch przypadkach zwiększa się bowiem znacznie powierzchnia styku, natomiast w ostatnim przypadku mamy bardzo nieznaczny wzrost powierzchni styku.

Zobaczmy, jaki będzie wpływ zmian temperatury na zmiany powierzchni styku. W temperaturze 20°C ciśnienie powietrza w oponie będzie

$$p_{20} = p_0 \frac{293}{273}$$

w temperaturze zaś 60° C

$$p_{60} = p_0 \frac{333}{273}$$

Ciśnienie wzrośnie więc  $\frac{p_{60}}{p_{20}}$  krotnie

$$\frac{p_{60}}{p_{20}} = \frac{333}{293} = 1,14$$

Zatem przy ogrzaniu powietrza w oponie od 20°C do 60°C powierzchnia styku opony z podłożem zmaleje zaledwie o 14%, co jest zmianą prawie niezauważalną.