

## Pęd i trzecia zasada dynamiki

Trzecia zasada dynamiki niekoniecznie jest tak łatwa do przyswojenia jak mogłoby się wydawać. Co prawda powiedzenie „akcja – reakcja” weszło do codziennego słownictwa, ale w tej wersji może być nawet przeszkodą w rozumieniu istoty trzeciej zasady dynamiki.

W rozdziale tym przyjrzymy się pojęciu pędu, które można wprowadzić dopiero na zaawansowanym etapie edukacji. Warto wspomnieć, że coraz większe grono nauczycieli uznaje koncepcję pędu („ruchu zawartego w obiekcie”) za bardziej naturalny fundament do zrozumienia sił i ich wpływu na ruch. Być może powinno się więc wprowadzać to pojęcie wcześniej w nauczaniu dynamiki.

Gdy mamy do czynienia z pędem, możemy napotkać taką oto przeszkodę konceptualną: „Pęd i energia kinetyczna to w gruncie rzeczy ta sama wielkość fizyczna. Posiada ją ciało w ruchu.”

Energia i pęd mogą wydawać się dwiema formami tej samej wielkości. Jednak pęd jako wielkość wektorowa podlega zasadzie zachowania we wszystkich oddziaływaniach. Zasada zachowania pędu jest więc uniwersalną regułą naukową.

### „Odjeżdżające” wózki

Aby zainicjować dyskusję o zasadzie akcji i reakcji (czyli trzeciej zasadzie dynamiki), zwykle proponuje się wykonanie pewnych doświadczeń. Może to być powietrzna rakietka albo zderzenia wózków na torze powietrznym. Moim ulubionym eksperymentem jest natomiast bardzo prosty przykład z odrzutem. Dwa wózki zbliżamy do siebie, jeden z nich jest zaopatrzony w ściśniętą sprężynę, którą odblokowuje się przyciskiem. Dyskusja po tym doświadczeniu powinna podkreślić fakt, że na takie same wózki zadziałały te same siły o przeciwnych zwrotach w takim samym przedziale czasu. Zmiana pędu jest taka sama dla obu wózków.

Jeśli powtórzmy ten pokaz z obciążonym wózkiem (może to być książka albo odważnik), potwierdzimy, że pęd całkowity w układzie jest nadal zachowany. Pół-ilościowe podejście może polegać na podwojeniu masy jednego z wózków i oszacowaniu, że prędkość obciążonego wózka maleje o około połowę. Tak więc nieobciążony wózek o masie  $m$  odjedzie z prędkością  $v$ , natomiast ten drugi, o masie  $2m$ , z prędkością  $\frac{1}{2}v$ .

Tego typu eksperyment można też przeprowadzić w pełni ilościowo dodając dwie bramki pomiarowe podłączone do miernika czasu i interfejsu komputera.

Ten sam zestaw możemy wykorzystać do zbadania czołowego zderzenia dwóch wózków. Jeśli spotykają się sprężynami, zderzenie będzie prawie dokładnie elastyczne, każdy wózek zmieni kierunek (zwrot) ruchu, ale zachowa swoją wartość prędkości. Jeśli natomiast zetkną się powierzchniami oklejonymi plasteliną, zachowanie pędu objawi się jako brak ruchu po zderzeniu.

## Uczniowie jako badacze

Korzystną strategią w zachęcaniu do nauki jest zaangażowanie uczniów w proces myślenia o zdobywaniu wiedzy. Spojrzenie na siebie jako przyswajającego wiedzę – proces zwany meta poznaniem – to rozpoznanie swojej roli w procesie uczenia się. Pomaga to uczniom dostrzec, że w lekcjach nie chodzi tak naprawdę o nauczyciela czy temat, ale o rozwój ich własnego myślenia; w szczególności jak powinien przebiegać proces rozumowania.

Na poziomie zaawansowanym, uczniowie dowiedzą się jakie są ich preferowane sposoby uczenia się i jak samodzielnie wspierać zdobywanie wiedzy oraz z niej korzystać. Będą też mieli świadomość, jakimi ścieżkami przebiega proces rozumowania koleżanek i kolegów, przyswajając w ten sposób nowe formy uczenia się w grupie – dzielenie się pomysłami, wysłuchiwanie punktu widzenia innej osoby, dyskusję. Ta droga wiedzie do grupowego tworzenia wiedzy i jest nawet łatwiejsza do wykorzystania w klasie, gdzie dobrze jest dyskutować, dzielić się pomysłami i rewidować własne zdanie.

Gdy uczniowie nabiorą przekonania, że „siły” to temat, w którym intuicyjne idee często bywają mylące, będą gotowi do sprawdzenia, kto jeszcze miewa podobne pomysły i jak bardzo są one rozpowszechnione. W ten sposób uczniowie zaczną poznawać proces kształtowania pojęć i pojęcia same w sobie. Wzory pojęć i pytania diagnostyczne pozwalają grupom uczniów przekonać się, jakie koncepcje mają inne osoby. Korzystną formą uczenia się będzie więc stworzenie w klasie wspólnoty badaczy. Klasa może wybrać zestaw pytań obejmujący istotne obszary problematyki związanej z siłami. Można też opracować na podstawie tych pytań kwestionariusz, w którym zbadane zostaną koncepcje związane z siłami wśród kolegów bądź w rodzinie. W klasie liczącej 20 uczniów, z których każdy przepyta kilka-kilkanaście osób, uzyskamy dostatecznie dużą bazę danych do wnikliwej analizy. Proces tworzenia kwestionariusza i analizy wyników zapewni innowacyjny i zmotywowany sposób przyswojenia poprawnych koncepcji. Tym sposobem uczniowie wykraczają już poza meta poznanie, przekonując się, jak rozumują inni.