



Trudności w zrozumieniu pojęcia prędkości

Zofia Gołąb-Meyer

Zrozumienie pojęcia prędkości nastęrcza wiele trudności. Jest to pojęcie różniczkowe i wektorowe. Nie przypadkiem uporanie się z nim zajęło ludzkości całe stulecia. Trzeba było dopiero geniuszu Newtona do zadowalającego rozwiązania tego zagadnienia. Trudności związane ze zrozumieniem pojęcia prędkości są typowym przykładem przeszkód poznawczych, opisanych przez Bachelarda [1].

Raz pokonane, znikają nawet z pamięci. Jest to powód, dla którego fizycy nie znajdują dla ruch zrozumienia. Dlatego też fizycy odrzucają jako zbędne to narzędzie, jakim jest terminologia ułatwiająca początkującym uczniom zrozumienie wektorowego i różniczkowego charakteru prędkości. W artykule próbuję bardzo skrótowo przedstawić trudności tkwiące w definicji prędkości. To zagadnienie było dość szeroko badane (np. Lillian McDermott [2], badania własne [3]) i nie miejsce tutaj na szczegółową analizę.

Część trudności ma charakter uniwersalny to znaczy, że np. jest związana z wiekiem uczniów. Nieletni uczniowie, tak jak i młodsze dzieci nie potrafią rozumować na poziomie formalnym (wg klasyfikacji Piageta [4]). Ponieważ znaczna część społeczeństwa też nie jest w stanie rozumować na poziomie formalnym, przeszkody uczniów są też udziałem niektórych dorosłych. W wielu trudnościach rozpoznamy barierę pierwszych doznań, którą można zinterpretować jako fakt, iż pierwsza zrozumiana, zapamiętana rzecz blokuje zrozumienie innych, różnych od niej.

A oto lista źródeł trudności:

1. **Prędkość nie jest wielkością bezpośrednio obserwowalną!** Korzystne jest, że w dzisiejszych czasach, dzięki powszechnej znajomości szybkościomierzy w samochodach, można szybciej „oswajać” pojęcie prędkości chwilowej.
2. **Prędkość nie jest wielkością bezpośrednio mierzalną.** Nie jest też wielkością globalną. Tymczasem wielkości globalne, takie jak długość i masa, są łatwiej zrozumiałe.
3. **Brak potrzeby definicji.** Bardzo długo u dzieci występuje brak potrzeby definicji. Dla dziecka ciało porusza się ze stałą szybkością/prędkością, gdy porusza się stale tak samo. Szybkość/prędkość oznacza, jak szybko się ciało porusza. Jest to dla dziecka wystarczające określenie.
4. **Intuicja stadionowa.** Szybkość/prędkość informuje, jak szybko ciało się porusza (kto pierwszy?), czyli jak szybko się zjawi na mecie w wyścigu po to-

rze o ustalonej długości. Porównywanie czasów przebywania ustalonej jednostki drogi jest rozwiązaniem alternatywnym i w pewnych celach równorzędnym do użycia szybkości/prędkości.

5. **Nowy sens operacji dzielenia.** Szybkość/prędkość jako wynik dzielenia długości odcinka drogi przez czas jego pokonywania jest nowym sensem operacji dzielenia. Do tej pory dziecko dzieliło coś na części. Tu w wyniku dzielenia powstaje nowa jakość. Nowa wielkość ma swoją nową jednostkę.
6. **Średnia po parametrze.** Szybkość/prędkość jest rozumiana jako wartość średnia bez nazywania jej tak *expressis verbis*. Jest wielkością o znaczeniu globalnym i dzięki temu łatwiejszą do zrozumienia. Nazwanie szybkości/prędkości jawnie wartością średnią powoduje na początku chaos poznawczy, ponieważ uczeń zetknął się już z pojęciem średniej arytmetycznej (np. średnia wieku, średnie zarobki). Tu średnia po parametrze jest czymś innym, nowym. Wyczucie sensu prędkości/szybkości chwilowej można testować na zrozumieniu dowcipu o policjancie, który chce ukarać pewną osobę za przekroczenie dozwolonej szybkości, a karana osoba broni się argumentem, że jeszcze nie jechała jednej godziny, więc nie mogła osiągnąć szybkości 100 km/h.
7. **Różniczkowy charakter.** Jeśli uczeń nie jest przygotowany na przyjęcie różniczkowego charakteru prędkości/szybkości chwilowej, to nie rozumie, w jakim celu robi się rozróżnienia pomiędzy prędkością/szybkością chwilową a średnią. Wielu z nauczycieli uważa niesłusznie pojęcie prędkości/szybkości średniej tylko za pomocnicze i co za tym idzie – w ogóle niepotrzebne w fizyce. Tymczasem jeśli nawet nie wprowadza się *explicite* różniczkowego charakteru prędkości/szybkości, to ta różniczkowość w niej tkwi. Jak wykazały badania, pojęcie granicy jest trudne i dla wielu niepokonywalne (Anna Sierpińska [5]). W definicji granicy występują trzy ogólne kwantyfikatory i jak podkreśla profesor Szafirski [6] – próg trzech kwantyfikatorów jest dla wielu nieosiągalny. Moje badania dotyczące zrozumienia paradoksu Zenona o Achillesie i żółwiu też to potwierdzają. W ostatnich latach mamy sporo słabych studentów fizyki. Okazuje się, że ci też nie rozumieją paradoksu Zenona i mają spore trudności ze zrozumieniem definicji prędkości (badania z lutego 2002).

Zrozumienie i świadomość trudności. Wydaje się, że rozumieją trudności autorzy słowników i leksykonów. Jest to powód, dla którego pojęcie prędkości jest określane albo na raty, albo w ogóle nieokreślane poprawnie.

Królewska droga. Nie ma jednej królewskiej drogi wprowadzania prędkości. Stara i sprawdzona metoda od szczegółu do ogółu kazała niektórym autorom podręczników rozpoczynać od rozważania wyłącznie ruchów po linii prostej i w jednym kierunku. Używano słowa „prędkość” ze świadomością, że czytelnik/uczeń i tak rozumie to jako słownikową „szybkość”. Przy ograniczeniu do ruchów po

prostej ze stałą prędkością nie popadało się w sprzeczności. Takie podejście spotykało się ze słuszną krytyką oderwania nauczania od rzeczywistości, czy jak to się dzisiaj mówi – od życia. Oznaczało rezygnację z bardzo życiowych i interesujących uczniów przykładów.

Wprowadzenie rozróżnienia między szybkością a prędkością nadaje status poprawności powszechnemu i użytecznemu rozumieniu słowa „szybkość”, jako wielkości średniej i skalarnej. **Usuwa źródło niechęci do fizyki jako nauki wymyślającej pojęcia tylko dla siebie użyteczne.** Początkowe wprowadzanie szybkości jako wielkości *de facto* średniej nie powoduje kolizji pojęciowej, gdy szybkością nazywa się wartość prędkości. Dla bardzo krótkich przedziałów czasowych szybkość chwilowa w przybliżeniu jest modulem prędkości chwilowej.

Wprowadzenie innej nazwy: „prędkość” dla poprawnie zdefiniowanej wielkości wektorowej ma uczniowi przypominać o nowym sensie prędkości, o nowej trudności tkwiącej w tym pojęciu w stosunku do „oswojonej” już szybkości. Choć znaczny procent populacji uczniowskiej nie jest w stanie zrozumieć poprawnej definicji prędkości, to jednak może zrozumieć różnicę w znaczeniu tych dwóch pojęć. Dla nich dwie różne nazwy będą ułatwieniem, wyeliminowaniem dwuznaczności.

Przykłady użycia słów „prędkość” i „szybkość”

W podręcznikach dla szkół podstawowych, gimnazjów i szkół ponadpodstawowych, w popularnych encyklopediach i słownikach powinno się starannie odróżniać te dwa słowa. Należy zatem mówić o szybkości rowerzysty, szybkości wiatru, szybkości światła. Rozróżniać należy szybkość w ruchu kołowym od prędkości w takim ruchu, ponieważ szybkość w ruchu jednostajnym po okręgu jest stała, a prędkość zmienna, bo nieustannie zmienia się jej kierunek.

Niektórzy wydawcy, np. ZamKor, od dawna przestrzegają tego rozróżnienia. Wydany ostatnio przez to wydawnictwo podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych autorstwa K.M. Fiałkowskich i B. Sagnowskiej [7] też rozróżnia termin „szybkość” od „prędkości”. Anglojęzyczne podręczniki fizyki dla niższych klas, w których nie wprowadza się pojęcia wektora, nie używają słowa *velocity*. Lillian McDermott w przetłumaczonym na język polski podręczniku dla nauczycieli wyraźnie zaleca nauczycielom rozróżnianie terminów *speed* i *velocity*: „...in physics, there is a distinction between the terms velocity and speed. Speed does not indicate direction” [8].

W podręczniku uniwersyteckim można dalej pisać o prędkości światła, dźwięku, o prędkościach kosmicznych.

Zadanie z egzaminu wstępnego na studia matematyczno-przyrodnicze na UJ [9] brzmiące „z armaty wystrzelono pocisk o prędkości v pod kątem alfa...” zawiera zrozumiałe w tym wypadku, skrót myślowy „prędkość” zamiast „moduł prędkości”. Zastąpienie słowa „prędkość” przez „szybkość” jest jed-

nak jak najbardziej na miejscu. Podobne zadanie znajdziemy w *The Physics Teacher*. Tam też w temacie mamy wyrażenie *speed*, aczkolwiek w rozwiązaniu autor używa słów „prędkość początkowa”.

Za niepoprawne uznamy sformułowanie zadania dla uczniów typu: „Z A do B rowerzysta jechał z prędkością v_1 , z B do A z prędkością v_2 . Jaka miał średnią prędkość na całej trasie?”. Poprawna odpowiedź „zero” jest dla ucznia niezrozumiała. On będzie myślał o szybkości. I takie słowo powinno być w zadaniu, chyba że celem zadania jest właśnie zadziwienie ucznia odmiennością definicji prędkości od definicji szybkości.

Większość autorów ostatnich edycji podręczników szkolnych stara się konsekwentnie rozróżniać pojęcie szybkości od prędkości.

- [1] Gaston Baehelard, *La formation l'esprit scientifique*, Paris, Vrin 1938
- [2] Lillian McDermott, Edward D. Redish, *Resource Letter: PER-1: Physics Education Research*, AJP **67**, No 9, 755 (1999)
- [3] Zofia Gołąb-Meyer, *Fizyka w Szkole*, **50**, 1992 oraz *Foton* 26, 27, 30, 36
- [4] B. Inhelder, J. Piaget, *Od logiki dziecka do logiki młodzieży*, PWN, Warszawa 1970
- [5] Anna Sierpińska, „Pojęcie przeszkody epistemologicznej w nauczaniu matematyki”, *Dydaktyka Matematyki*, **8**, 103 (1978)
- [6] B. Szafirski, Głos w dyskusji, *Materiały pokonferencyjne Matematyka w 75-leciu Akademii Górniczo-Hutniczej i 25-leciu Instytutu Matematyki. Krynica 9–11 czerwca 1994 r.*, Instytut Matematyki AGH w Krakowie, Kraków 1995, 135
- [7] Maria Fiałkowska, Krzysztof Fiałkowski, Barbara Sagnowska, *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych*, ZamKor, Kraków 2002
- [8] Lillian McDermott and Physics Education Group at the University of Washington, *Physics by Inquiry*, John Wiley&Sons, Inc., 1996, 648, VII
- [9] Marek Gołąb, Zbigniew Sosin, „Egzamin wstępny z fizyki, SMP UJ 2001”, *Foton* 77, (2002), 15



Fizyk w deszczu na rowerze, czyli jak jechać, żeby nie zmoknąć?

Wojciech Lewoczko

Student fizyki UJ

O czym myśli przeciętny człowiek, zaskoczony ulewą podczas przejażdżki rowerowej? Wyluczając nielicznych, którzy lubią deszcz, większość marzy, by jak najszybciej dostać się do domu. Okazuje się, że niechęć do deszczu, skutkująca chęcią natychmiastowej ucieczki, ma poparcie w prawach fizyki –

można łatwo udowodnić, że im szybciej się poruszamy tym mniej zmokniemy. Wniosek nie jest bynajmniej oczywisty, jeżeli wziąć pod uwagę, że wraz z szybkością zwiększa się strumień, czyli masa wody na jednostkę czasu, przenikająca jednostkę moknącej powierzchni.

Jak łatwo się domyślić, inspiracją do teoretycznych rozważań była wspomniana we wstępie, jak najbardziej rzeczywista i „mokra” ulewa. Nie starałem się jednak zmuszać mokrej głowy do myślenia – raczej posłuchałem głosu natury i wytrzymałem nogi do bardziej ożywionej pracy, żeby jak najszybciej znaleźć się pod dachem i „na sucho” odpowiedzieć sobie na pytanie, jak zależy przemoczenie od prędkości moknącego obiektu.

A więc do dzieła! Ciepła herbata, ołówek w garść i, jak to zwykle w fizyce bywa, zaczniemy od stworzenia prostego modelu symulującego rzeczywistość. Rysunek! Dobry rysunek to połowa sukcesu w rozwiązywaniu problemów fizycznych. Poproszę cię, Agnieszko, o coś stosownego (rys. 1). O, dziękuję. Bardzo wyrazisty (brrr...), ale chyba zbyt skomplikowany jak na potrzeby fizyki. Poproszę o coś prostszego.



Rys. 1