

Trudności w zrozumieniu pojęcia prędkości

Zrozumienie pojęcia prędkości nastęca wiele trudności. Jest pojęciem różniczkowym i wektorowym. Nie przypadkiem uporanie się z tym pojęciem zajęło ludzkości całe stulecie. 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 nich 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!**
W dzisiejszych czasach, dzięki powszechnej znajomości szybkościomierzy w samochodach można szybciej „oswajać” pojęcie prędkości chwilowej.
2. **Prędkość nie jest wielkością bezpośrednio mierzalną.** Wielkości globalne 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 wystarczające określenie.
4. **Intuicja stadionowa.** Szybkość/prędkość informuje, jak szybko się ciało porusza (kto pierwszy?), czyli jak szybko się zjawi na mecie w wyścigu po torze o ustalonej długości. Porównywanie czasów przebywania ustalonej jednostki drogi jest rozwiązaniem alternatywnym i do pewnych celów 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 rozumieniu 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 mieć szybkości 100km/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. Od czasu, kiedy obniżył się wyraźnie poziom studentów fizyki, okazuje się, że studenci fizyki też nie rozumieją paradoksu i mają spore trudności ze zrozumieniem definicji prędkości (badania z lutego 2002).

Zrozumienie i świadomość trudności. Pewnie zrozumienie trudności mają autorzy słowników i leksykonów. Jest to powód, dla którego pojęcie prędkości jest określane albo na raty, albo w ogóle nie określane poprawnie.

Królewska droga. Nie ma jednej królewskiej drogi wprowadzania prędkości. Stara i sprawdzona metoda od *szczegółu do ogółu* kazała niektórym (stara tradycja) 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 na poprawnie zdefiniowaną wielkość wektorową 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 do 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, bowiem szybkość w ruchu jednostajnym po okręgu jest stała, a prędkość zmienna, bo nieustannie zmienia się jej kierunek.

Niektórzy wydawcy jak np. ZamKor od dawna przestrzegają tego rozróżnienia. Wydany ostatnio (2002) przez to wydawnictwo podręcznik dla szkół ponadgimnazjalnych autorstwa K. i 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 w 2001 [9] brzmiące „z armaty wystrzelono pocisk o prędkości v pod kątem alfa...” zawiera zrozumiały skrót myślowy „prędkość” zamiast „moduł prędkości”. Zastąpienie słowa prędkość szybkością jest jednak jak najbardziej poprawne. 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 . Jaką 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.

Literatura

- [1] Gaston Bachelard, *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, p.755 (1999)
- [3] Zofia Gołąb-Meyer, *Fizyka w Szkole*, **50**, 1992 oraz *Fotony* 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 (1987)
- [6] B.Szafirski, Głos w dyskusji, str. 135, 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.
- [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, p. 648, V II.
- [9] Marek Gołąb, Zbigniew Sosin, *Egzamin wstępny z fizyki*, *SMP UJ 2001*, Foton 77, 2002, str.15.