

# **Uczniowskie zadania doświadczalne w praktyce nauczania i uczenia się fizyki**

Piotr Skurski, Jadwiga Skurska, Michał Karbowski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego)

## **Abstrakt**

W artykule przedstawiono przykład układu zadań doświadczalnych do wykorzystywania podczas realizacji podstawowego kursu fizyki w szkołach ogólnokształcących. Układ zadań oraz sposób jego realizacji jest efektem poszukiwania rozwiązań dydaktycznych prowadzących do osiągnięcia przez uczniów celów nadrzędnych edukacji. Przykład dotyczy układu zadań z kinematyki. Dział ten wybrano ze względu na znaczenie treści kinematyki dla osiągnięcia celów edukacyjnych jak i trudności, na jakie napotykają uczniowie i nauczyciele w realizacji tego działu fizyki.

Podstawą przyjętej strategii skutecznego osiągnięcia zakładanych celów uczenia się jest obejmowanie realizowanymi układami zadań funkcjonalnych obszarów treści fizyki, uwzględnianie postulatu możliwie maksymalnego upodobniania procesu dydaktycznego do procesu badawczego, włączanie uczniów do możliwie samodzielnego, twórczego i wszechstronnie aktywnego działania w każdej z faz procesu uczenia się upodobnionego do badań oraz realizowanie przez uczniów aktywności poznawczej w kontekście sytuacji praktycznych.

Zagadnienia przedstawiane w artykule wpisują się w kontekst rozważań na temat fizyki jako składowej kształcenia ogólnego ukierunkowanego na osiągnięcie poprzez nauczanie i uczenie się fizyki celów nadrzędnych edukacji: wszechstronnego rozwoju uczących się, kompetencji przedmiotowych oraz kompetencji ogólnych (personalnych i społecznych).

*Słowa kluczowe:* uczenie się i nauczanie kinematyki, zadania z fizyki, układy uczniowskich zadań doświadczalnych.

## **1. Wprowadzenie**

Z analiz codziennej praktyki edukacyjnej wynika, że zadania są najbardziej charakterystyczną składową procesu dydaktycznego fizyki. Spełniają określone funkcje zarówno w nauczaniu, jak i uczeniu się fizyki. W nauczaniu są środkiem do ilustracji zjawisk i procesów fizycznych, pokazania sposobu wykorzystywania praw, zasad i teorii fizycznych, do sprawdzenia poziomu osiągnięć uczniów oraz do przygotowywania uczniów do egzaminów zewnętrznych. W uczeniu się obok „uczenia się teorii” uczniowie „uczają się rozwiązywania zadań” przygotowując się do kartkówek, sprawdzianów, egzaminów. Analiza podręczników, akademickich i szkolnych, licznych zbiorów zadań oraz opracowań metodycznych dla nauczycieli przekonuje o

docenianiu znaczenia zadań. W Podstawie programowej kształcenia ogólnego<sup>1</sup> wskazuje się i podkreśla znaczenie szczególnego rodzaju zadań, jakimi są zadania doświadczalne. Wskazywana jest grupa takich zadań, które obligatoryjnie powinny być w szkole wykonywane przez uczniów i nauczyciela. Zadaniom poświęca się szczególną uwagę w kontekście egzaminowania i oceniania uczniów (np. egzaminów maturalnych) oraz w pracy z uczniami szczególnie uzdolnionymi (zadania z konkursów i olimpiad fizycznych).

Przedstawiony w artykule układ zadań do wykorzystywania na lekcjach fizyki oraz proponowany sposób ich realizacji jest efektem poszukiwania strategii skutecznie prowadzących do osiągnięcia przez uczniów celów nadrzędnych uczenia się fizyki w szkołach ogólnokształcących oraz poszukiwania rozwiązań skutecznie zapobiegających niekorzystnym procesom, jakie mogą wynikać z trudności, na jakie napotykają uczniowie podczas prób ich rozwiązywania.

Przedstawiony w niniejszej pracy przykład układu zadań jest egzemplifikacją podejścia skoncentrowanego na doprowadzaniu uczniów do osiągnięcia celów nadrzędnych edukacji. Zadania są tu traktowane jako naturalne składowe procesu badawczego i aplikacyjnego fizyki i w procesie dydaktycznym wpisane są w konsekwentne dążenie do doprowadzania uczniów do osiągnięcia przez nich celów nadrzędnych edukacji. Podejście takie wynika z osadzenia zagadnienia zadań w procesie dydaktycznym fizyki w kontekście istoty fizyki jako dyscypliny nauki (jej specyficznych cech, miejsca i znaczenia wśród innych nauk i rozwoju kulturowym), istoty i założeń edukacji, jej celów głównych i nadrzędnych, uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych, w jakich realizowane są obecnie procesy edukacyjne, a także uwzględniania warunków koniecznych skuteczności i efektywności zarówno pracy nauczycieli, jak i uczenia się uczniów<sup>2</sup>. Podstawą przyjętej strategii skutecznego osiągnięcia zakładanych celów uczenia się jest obejmowanie realizowanymi układami zadań całych funkcjonalnych obszarów treści fizyki<sup>3</sup>, uwzględnianie w projektowaniu i realizacji rozwiązań postulatu możliwie maksymalnego upodobniania procesu dydaktycznego do procesu badawczego, włączanie uczniów do możliwie samodzielnego, twórczego i wszechstronnie aktywnego działania w każdej z faz procesu uczenia się upodobnionego do badań oraz realizowanie przez uczniów aktywności poznawczej w kontekście sytuacji praktycznych, które były, lub z dużym prawdopodobieństwem będą, udziałem każdego z uczących się.

Przedstawiony w punkcie drugim układ zadań, zgodny z tymi założeniami, obejmuje swoim zakresem zawarte w podstawie programowej treści kinematyki.

---

<sup>1</sup> Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 27 sierpnia 2012 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz. U. z 2012 r. poz. 977).

<sup>2</sup> *Pedagogika Podręcznik akademicki*, t. 2, red. Z Kwieciński, B. Śliwowski, Wyd. Naukowe PWN.

<sup>3</sup> P. Skurski, *Postępowanie dydaktyczno-badawcze w dynamicznej i twórczej realizacji procesu dydaktycznego*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2006.

Dział ten wybrano ze względu na znaczenie treści kinematyki dla osiągnięcia celów edukacyjnych, jak i trudności, na jakie napotykają uczniowie i nauczyciele w realizacji tego działu fizyki.

Przedstawione zadania obejmują badanie i opis podstawowych rodzajów ruchów oraz sprawdzanie doświadczalne wniosków dotyczących związków kinematycznych wynikających z opisu ruchów. Treści zadań i ich układ wynikają z aranżowanych sytuacji praktycznych oraz wynikającej z tych sytuacji potrzeby opracowania i zrealizowania procedury badania i opisywania ruchów oraz potrzeby zbudowania wiedzy i umiejętności pozwalających na analizowanie sytuacji, formułowanie pytań oraz realizowanie działań prowadzących do uzyskiwania odpowiedzi na te pytania.

Rozwiązania przedstawione w opracowaniu zostały poddane wstępnej weryfikacji w pracy z uczniami, a także w procesie kształcenia nauczycieli przygotowujących się na studiach podyplomowych do nauczania fizyki jako drugiego przedmiotu nauczania. Wynikają stąd określone wnioski dotyczące sposobu podejścia do zadań w procesie dydaktycznym fizyki, jak i działań, które mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności osiągnięcia najważniejszych celów uczenia się fizyki, jak i zapobiegania występowaniu problemów w rozwiązywaniu zadań z fizyki.

## 2. Układ zadań w realizacji działu kinematyka

### Struktura realizacyjna

W prezentowanej strategii struktura realizacyjna aktywności uczniów podczas zgłębianiu funkcjonalnego zakresu treści kinematyki jest zgodna z 5-poziomym modelem treści dydaktycznych<sup>4</sup> i obejmuje pięć części.

**Część 1.** Współorganizowanie i dyskutowanie z uczniami sytuacji praktycznych, z których może dla uczniów wynikać potrzeba odkrywania prawidłowości w przebiegu zjawiska ruchu obiektów występujących w tych sytuacjach oraz zdobywania umiejętności wykorzystania wiedzy o tych prawidłowościach tak, by możliwe było osiągnięcie celów praktycznych wynikających z tych sytuacji.

**Część 2.** Pogłębione analizowanie tych sytuacji i formułowanie celów, przedmiotu i sposobów badania rzeczywistości fizycznej będącej istotną składową tych sytuacji oraz planowanie, organizowanie i przygotowanie planu badań podobszarów rzeczywistości związanych z tymi sytuacjami.

**Część 3.** Realizacja przyjętego planu badawczego.

**Część 4.** Analiza, porządkowanie i synteza wyników badania kolejnych podobszarów rzeczywistości związanych z wyodrębnionymi grupami sytuacji. Synteza wiedzy o obiektach, zjawiskach, procesach, metodach i narzędziach badania oraz metodach i sposobach wykorzystywania tej wiedzy w dalszych badaniach i zastosowaniach praktycznych.

**Część 5.** Rozwiązywanie problemów praktycznych z wykorzystaniem zdobytej wiedzy oraz formułowanie wniosków wynikających z jej stosowania.

---

<sup>4</sup>P. Skurski, *Postępowanie dydaktyczno-badawcze w dynamicznej i twórczej realizacji procesu dydaktycznego*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2006.

W każdej z wyżej wymienionych części realizacyjnych uczniowie formułują i realizują charakterystyczne sekwencje zadań (dotyczących poszczególnych sytuacji), dokonują analizy porównawczej przebiegu i efektów realizacji tych zadań w odniesieniu do poszczególnych analizowanych i badanych sytuacji kinematycznych oraz formułują stosowne wnioski.

Wszystkie sytuacje, które wymagały od uczących się realizacji prezentowanego układu zadań można sprowadzić do sytuacji, w jakich codziennie znajdują się uczestnicy ruchu drogowego (omijanie, wyprzedzanie, wymijanie, przyspieszanie i hamowanie, spotkania, pościgi, ucieczki). Ich warstwa fabularna została osadzona w sceneriach i kontekstach nawiązujących do etapu rozwoju i zainteresowań uczniów, także do pory roku, w czasie której realizowane są zajęcia. W realizacjach fabularyzowane sytuacje obejmowały: analizowanie warunków bezpiecznego wykonywania manewrów w ruchu drogowym, planowanie i realizowanie podróży (wypraw) w okresie letnim (wakacyjne) lub w warunkach zimowych (wyprawy polarne). We wszystkich sytuacjach brak dostatecznego poziomu wiedzy i umiejętności analizowania sytuacji kinematycznych i wynikające stąd błędy, np. w projektowaniu i realizowaniu manewrów lub w projektowaniu i realizacji podróży i wypraw, mogły skutkować niepożądanymi następstwami. Np. mogły zagrażać życiu i/lub zdrowiu uczestników tych sytuacji (wypadki drogowe, zagrożenia związane z ekstremalnymi warunkami) lub niepowodzeniami odczuwanymi w kontekście społecznym (np. wycofywaniem się wskutek braku wiedzy i umiejętności z realizacji zadań polegających np. na planowaniu podróży, na podejmowaniu decyzji w zmieniających się sytuacjach itp.).

W pierwszej fazie „zderzenia uczniów” z zagadnieniami kinematyki ograniczono zakres merytoryczny treści dydaktycznych do dwu obszarów. Pierwszy związany był z sytuacjami, w których ruch wyodrębnionych obiektów względem przyjmowanych w badaniach układów inercjalnych jest ruchem prostoliniowym jednostajnym. Drugi obszar związany był z sytuacjami, w których obiekty poruszają się ruchem prostoliniowym jednostajnie zmiennym. W kolejnych fazach zgłębiania treści kinematyki w analogiczny sposób dołączono badanie ruchu po okręgu (po łuku o określonym promieniu) oraz ruch złożony.

### **Sytuacje praktyczne i poznawcze**

W egzemplifikowanej strategii aranżowanie w procesie dydaktycznym sytuacji praktycznych i angażowanie uczniów w podejmowanie działań o tym charakterze jest punktem wyjścia dla zainicjowania świadomej i pozytywnie motywowanej aktywności poznawczej. W realizacji treści kinematyki uczniom przedstawiano (w części pierwszej układu realizacyjnego) w sposób sfabularyzowany sześć sytuacji.

- *Sytuacja nr 1 - spotkanie dwu pojazdów podczas jazdy po tej samej drodze w tą samą stronę (sytuacja „pościgu”),*
- *Sytuacja nr 2 – spotkanie dwu pojazdów jadących z naprzeciwka po tej samej drodze.*

- *Sytuacja nr 3 – omijanie nieruchomej przeszkody (np. długiego pojazdu stojącego na pasie ruchu naszego pojazdu).*
- *Sytuacja nr 4 - wyprzedzanie jadącego wolniej w tą samą stronę długiego pojazdu.*
- *Sytuacja nr 5 – wymijanie długiego pojazdu.*
- *Sytuacja nr 6 – każda z poprzednich sytuacji, w której jeden lub oba pojazdy w czasie wykonywania manewrów przyśpieszają lub hamują.*

W pierwszej fazie uczenia się (zgodnie z zasadą stopniowania trudności) w aranżowanych sytuacjach założono, że pojazdy poruszają się ze stałą szybkością. W drugiej fazie analizowania każdej z tych sytuacji założono, że pojazdy (jeden lub oba) będą się poruszać ruchem jednostajnie zmiennym.

W stwarzaniu warunków do skutecznego osiągnięcia przez uczących się założonych celów nadrzędnych edukacji podstawą jest doprowadzanie do pełnego rozpoznania i zrozumienia przez uczniów cech merytorycznych każdej z kolejno aranżowanych sytuacji oraz doprowadzenie do odczucia i zrozumienia praktycznego znaczenia i ważności zdobywania określonej wiedzy i umiejętności koniecznych w takich sytuacjach do odczucia i zrozumienia sensu i potrzeby podejmowania własnej aktywności poznawczej i praktycznej. Osiąganiu tych celów służą warstwa merytoryczna i fabularna aranżowanych sytuacji oraz wszechstronna (racjonalna, emocjonalna, poznawcza i praktyczna) aktywność uczniów. W niniejszym opracowaniu, aby nie zwiększać objętości tekstu w opisie aranżowanych sytuacji, zredukowano opis kontekstu fabularnego (np. związanego z podróżami, letnimi wyprawami turystycznymi lub wyprawami polarnymi).

### **Sekwencje zadań i sposób ich realizacji w kolejnych częściach struktury realizacyjnej**

W każdej z części realizacyjnej kolejne sekwencje zadań praktycznych i poznawczych związane są z kolejnymi aranżowanymi przez nauczyciela sytuacjami. W ten sposób uczniowie realizują charakterystyczne dla egzemplifikowanej strategii sekwencje zadań. W opisie zadań i sposobu ich realizacji uwzględniono działania głównych podmiotów procesu dydaktycznego: (N) – nauczycielskie aranżacje sytuacji oraz działania ukierunkowujące i wspomagające pracę uczniów, (U) – działania uczniów podejmujących rolę uczestników (podmiotów) tych sytuacji oraz (N+U) lub (U+N) – działania wspólne obu tych podmiotów np. aranżacje sytuacji, dyskusje realności i ważności takich sytuacji, modelowanie sytuacji w pracowni, formułowanie i doprecyzowywanie zadań, próby ich rozwiązywania, analizy przebiegu i efektów działań, formułowanie wniosków wstępnych i etapowych.

#### **Zadania w części 1. – wstępna analiza sytuacji zadaniowej**

**Sytuacja 1.** Pojazd nr 2 jedzie ze stałą szybkością  $v_1$ . Gdy był w odległości  $L$  od linii startu wyruszył za nim po tej samej drodze pojazd nr 1. Pojazd nr 1 jedzie z szybkością  $v_1$ . Czy pojazd nr 2 zostanie dogoniony przez pojazd nr 1? Jeśli tak, to w którym miejscu i po jakim czasie od startu?

*Sekwencja zadań w rozpoznawaniu i wstępnej analizie sytuacji 1.*

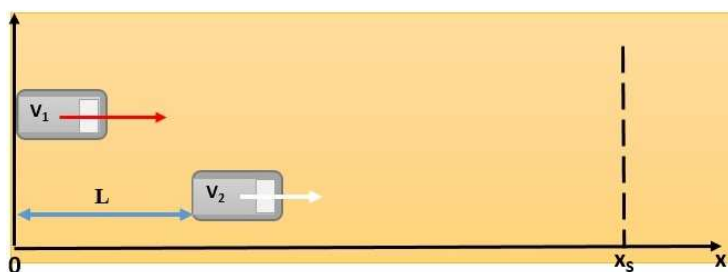
**S1Z1.** (N): To typowe zadanie z kinematyki. Typowa sytuacja i typowe pytania: kiedy spotkanie? W jakiej chwili czasu upływającego od chwili startu? W którym miejscu?

Czy byliście już w takich sytuacjach (np. na wycieczkach pieszych, rowerowych, w podróży, na rajdach)? W jakich okolicznościach nasza wiedza i umiejętności w takich sytuacjach mogą być ważne i dlaczego? Na jakie pytania warto byłoby, lub trzeba umieć, w tych sytuacjach odpowiedzieć, i dlaczego?

Zadawanie uczniom takich (ważnych) pytań, gdy większość uczniów nie jest w stanie wyobrazić sobie sytuacji i zrozumieć tych pytań uzasadnia sformułowanie i zrealizowanie przez uczniów kolejnych dwóch zadań dotyczących tej sytuacji. W ten sposób tworzy się trzelementowa sekwencja zadań S1Z1, S1Z2 i S1Z3.

**S1Z2.** Jak pokazać taką sytuację w pracowni? (N): fizycy odtwarzają sytuacje z rzeczywistości w pracowni, np. na stole laboratoryjnym, i na podstawie badań w laboratorium wnioskuje o zachodzeniu zjawisk w naturalnych warunkach). (U+N): modelowanie sytuacji i animacje ruchu pojazdów.

**S1Z3.** Jak narysować taką odtwarzaną w pracowni sytuację i jakie informacje zanotować? (U+N): rysunek z góry?, z boku?, w jakiej skali?, czy tylko fazę początkową?, czy także fazy pośrednie i końcową? Jakie informacje o tym co się w tej sytuacji zmienia w kolejnych chwilach czasu są potrzebne, by odpowiedzieć na ważne dla nas pytania? w którym miejscu je zapisać? (na rysunku?, obok rysunku?).



**Notatka U:**

Czy?, w którym miejscu? i po jakim czasie od startu? pojazd nr 2 zostanie dogoniony przez pojazd nr 1  
Uzyskanie odpowiedzi jest ważne, gdyż ...

Rys.1. Sytuacja „pościgu”- widok z góry. Rysunek jest efektem realizacji przez uczniów trzelementowej sekwencji zadań dla tej sytuacji. Notatkę obok rysunku redagują uczniowie.

Do modelowania sytuacji w pracy z uczniami wykorzystano modele pojazdów nawiązujących swoim kształtem do pojazdów gąsienicowych wykorzystywanych w

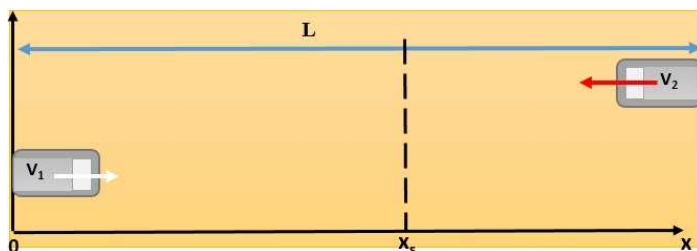
wyprawach antarktycznych (konstrukcja i wykonanie modeli: M. Karbowski). Każdy z modeli porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym i może się poruszać z dwiema różnymi prędkościami.

Do uzyskania danych o ruchu pojazdów uczniowie wykorzystują taśmę mierniczą (lub przymiar liniowy) oraz przyjmują odpowiednią skalę do narysowania rysunku z opisami położenia samochodów. Przymiar układają wzdłuż drogi pojazdów i wiążą jego początek (punkt O) z miejscem startu samochodów. (N): fizycy wiążą oś liczbową, znaną z matematyki, z układem odniesienia, czyli z układem obiektów względem których poruszają się obiekty (samochody), których ruch opisujemy. Do graficznego przedstawienia prędkości samochodów fizycy używają wektorów, analogicznie do wektorów opisujących oddziaływanie<sup>5</sup>.

### Sytuacje S2, S3, S4, S5, S6.

Analizując wstępnie kolejne sytuacje (spotkania dwu pojazdów jadących z naprzeciwka, omijania, wyprzedzania, wymijania) uczniowie wykonują analogiczne jak wyżej trzelementowe sekwencje zadań dla każdej z kolejnych sytuacji. Efektem jest doprecyzowanie sytuacji oraz zaangażowanie, uzasadnione racjonalnie i emocjonalnie, w działania mogące doprowadzić do zbudowania wiedzy i umiejętności pozwalających odpowiadać na sformułowane pytania. Szkice kolejnych sytuacji przedstawiają rysunki 2, 3, 4, 5, 6.

Kolejne rysunki sytuacji i notatki obok rysunków są efektem realizacji przez uczniów trzelementowej sekwencji zadań analogicznych do tych z sytuacji 1.

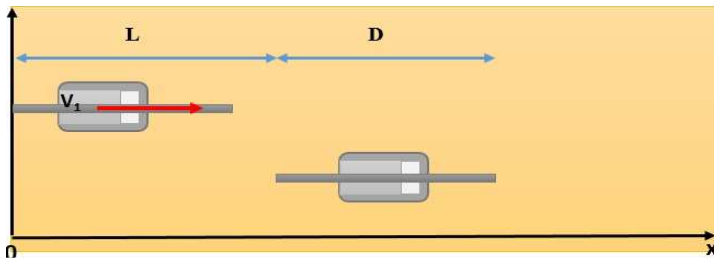


#### Notatka U:

W którym miejscu? i po jakim czasie od startu pojazdy spotkają się?  
Uzyskanie odpowiedzi jest ważne, gdyż ...

Rys.2. Sytuacja spotkania dwu pojazdów jadących z naprzeciwka - widok z góry.

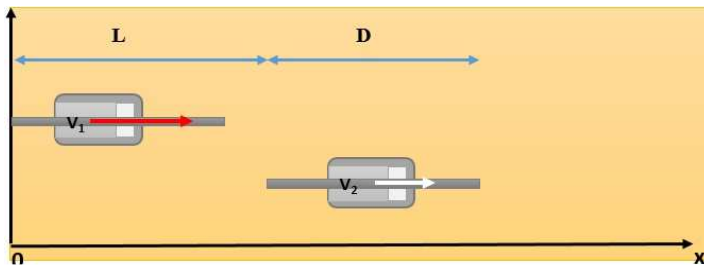
<sup>5</sup> Zakładamy, iż w realizacji treści mechaniki kolejno analizowanymi obszarami są: statyka, kinematyka, dynamika. Na tym etapie uczniowie używają słowa szybkość z języka potocznego (nie używają pojęć szybkość i prędkość z języka przedmiotowego fizyki).

**Notatka U:**

Jaki będzie czas omijania? Na jak długiej drodze będzie się odbywał ten manewr?

Uzyskanie odpowiedzi jest ważne, gdyż...

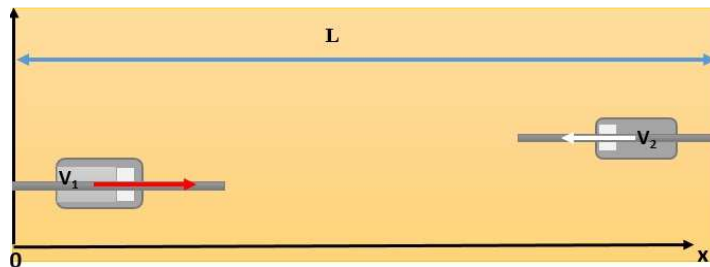
Rys.3. Sytuacja omijania długiego pojazdu – widok z góry.

**Notatka U:**

Jaki będzie czas wyprzedzania? Na jak długiej drodze będzie się odbywał ten manewr?

Uzyskanie odpowiedzi jest ważne, gdyż ...

Rys.4. Sytuacja wyprzedzania długiego pojazdu – widok z góry.

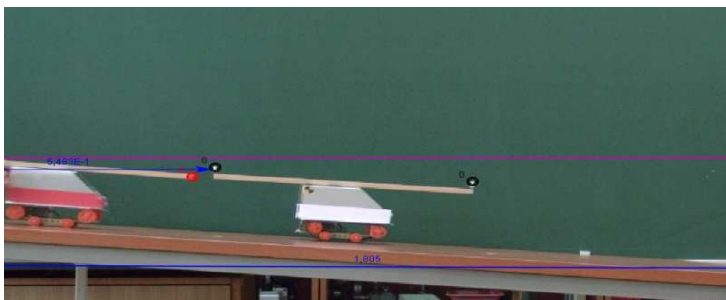
**Notatka U:**

Jaki będzie czas wymijania? Na jak długiej drodze będzie się odbywał ten manewr? Jaka będzie szybkość względna samochodów?

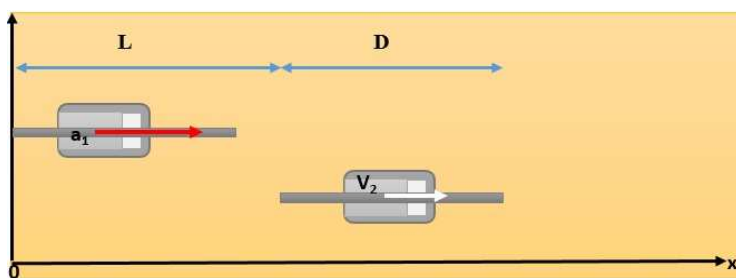
Odpowiedzi ważne, gdyż ...

Rys.5. Sytuacja wymijania się długich pojazdów – widok z góry.





Oba pojazdy na równi pochyłej. Pojazd biały porusza się ruchem jednostajnym, Pojazd czerwony z wyłączonym napędem stacza się zwiększając szybkość. Dlatego sytuacja jest inna niż poprzednie.



**Notatka U:**

Czy?, w którym miejscu? i po jakim czasie od startu? pojazd nr 2 zostanie dogoniony przez pojazd nr 1  
Uzyskanie odpowiedzi jest ważne, gdyż ...

Rys.6. Sytuacja pościgu, w której pojazd czerwony porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym – widok z boku i widok z góry.

**Zadania w części 2. – pogłębiona analiza sytuacji i projektowanie badań.**

Celem sekwencji zadań w części 2. jest opracowanie z uczniami procedury badania i opisywania ruchu oraz przedyskutowanie sposobu ich realizacji i organizacji. Przedmiotem badań będzie ruch prostoliniowy jednostajny oraz ruch prostoliniowy jednostajnie zmienny. W warstwie werbalnej działań nauczyciela pojawiają się pojęcia: ruch, model obiektu poruszającego się, układ odniesienia, układ współrzędnych, położenie, przemieszczenie, szybkość, prędkość, przyśpieszenie (opóźnienie). Opracowany zostanie plan przygotowywania się do badania ruchu prostoliniowego jednostajnego i prostoliniowego jednostajnie zmiennego, odkrywania zależności między wielkościami opisującymi te ruchy oraz rozwiązywania zadań związanych z sytuacjami od S1 do S6 w ruchu drogowym (uzyskiwania odpowiedzi na pytania

sformułowane przez uczniów w części 1 podczas wstępnej analizy sytuacji w ruchu drogowym i ich konsekwencji praktycznych).

Podstawą ukierunkowania uczniów na badania i opisywanie ruchu oraz odkrywanie prawidłowości w ich przebiegach jest zaangażowanie ich w porównywanie przebiegu i efektów wstępnych analiz wszystkich sześciu sytuacji. Dla uczniów porównywanie przebiegu i efektów dotychczasowych wstępnych analiz tych sytuacji jest podstawą uświadomienia sobie zakresu, przedmiotu i oczekiwanych efektów dalszej pracy z zakresu kinematyki.

**(S1,S2,S3,S4,S5)Z1:** (N): porównajmy ruchy pojazdów w tych pięciu różnych sytuacjach.

(N+U): Sytuacje S1,S2,S3,S4,S5 są różne, ale czy sposób poruszania się pojazdów też się zmienia? (czy pojazdy zmieniają kierunek ruchu, czy drogi przebywane przez każdy z pojazdów w jednostce czasu są takie same czy różne?). Wniosek z porównywania: sytuacje są różne, ale we wszystkich sytuacjach pojazdy poruszały się z różnymi szybkościami tylko jednym rodzajem ruchu: ruchem prostoliniowym jednostajnym.

**[(S1,S2,S3,S4,S5)+(S6)]Z2:** (N): porównajmy i zauważmy różnice między ruchem pojazdów w tych pierwszych pięciu sytuacjach a ruchem pojazdu przyspieszającego w sytuacji S6.

(N+U): w sytuacji S6 samochód porusza się innym niż poprzednio ruchem – też porusza się po prostej, ale nie ruchem jednostajnym, lecz przyspiesza (lub poruszałby się coraz wolniej, gdyby wtaczał się pod górę).

**[(S1,S2,S3,S4,S5)+(S6)]Z3:** (N): Jakie szczegółowe informacje o ruchu każdego z pojazdów powinniśmy w badaniach uzyskać, by móc odpowiedzieć na najważniejsze pytania w każdej z tych sytuacji? Czy moglibyśmy odpowiedzieć na te ważne pytania, gdybyśmy wiedzieli dokładnie, w jakim miejscu znajdowałyby się te pojazdy w każdej kolejnej chwili czasu przez cały okres ich ruchu? Jak te informacje uzyskać? Jak zakodować te informacje (w jakiej formie zapisać), by je można było w łatwy sposób wykorzystać do poszukiwania odpowiedzi na te pytania? Jaką wiedzę i jakie umiejętności trzeba zatem uzyskać, by rozpoznawać, badać i opisywać ruch w różnych sytuacjach, wyjaśniać i przewidywać przebieg ruchu oraz podejmować decyzje w różnych sytuacjach praktycznych?

(N+U): dyskusja wokół postawionych przez nauczyciela pytań. Kluczowe pojęcia w dyskusji używane przez nauczyciela<sup>6</sup>: ważny dla nas poruszający się obiekt, układ odniesienia (i warunki, jakie na ten układ musimy nakładać), układ współrzędnych, sposób związania układu współrzędnych z układem odniesienia, pomiar (położeń i czasu), zapis wyników pomiarów (w formie par liczb, wykresów, wzorów), związki kinematyczne (zapisane w postaci wzorów związki między wielkościami opisującymi określony ruch, metoda graficzna i metoda analityczna rozwiązywania zadań z kinematyki.

---

<sup>6</sup> Nauczyciel używa tych pojęć parafrazując wypowiedzi i pomysły uczniów. W uczeniu się jest to wstępny etap kształtowania pojęć.

**Wnioski** z pogłębionej analizy sytuacji oraz projektowania badań:

1. Na wszystkie sformułowane przez nas pytania będziemy mogli odpowiedzieć, jeśli będziemy znali położenia każdego z samochodów w każdej chwili czasu podczas ich ruchu.
2. Aby znać położenia samochodu w kolejnych chwilach czasu trzeba zbadać ten ruch, czyli wykonać odpowiednie pomiary i zanotować ich wyniki.
3. W badaniach wystarczy uzyskać informacje o położeniach samochodów w kolejnych (bliskich sobie) chwilach czasu. Mając te wyniki pomiarów można formułować wnioski o innych cechach ruchu (np. o szybkości zmian położenia lub szybkości zmian szybkości).
4. We wszystkich sytuacjach praktycznych, które analizowaliśmy, były tylko dwa rodzaje ruchu: prostoliniowy jednostajny i prostoliniowy jednostajnie zmienny. Wystarczy zatem zbadać i opisać każdy z tych dwu rodzajów ruchów, żeby móc z sukcesem badać i analizować wszystkie sytuacje praktyczne, jakie wstępnie przeanalizowaliśmy.
5. Wyniki pomiarów (badań doświadczalnych) można zapisać
  - w formie liczb (położenie, czas), (N): dla każdego ruchu w skończonym czasie takich par jest nieskończenie wiele.
  - w formie wykresów pokazujących, gdzie znajduje się każdy z pojazdów w kolejnych chwilach czasu, (N): wyjaśnienie co jest wykresem w kontekście analizowanych sytuacji fizycznych.
  - w formie wzorów (matematycznych opisów wykresów), które pokazywałyby jakie są zależności między wielkościami opisującymi dany rodzaj ruchu, i z których można byłoby natychmiast wyliczyć miejsce (położenie pojazdu) w określonej chwili czasu.
6. Mamy do dyspozycji dwie metody rozwiązywania zadań z kinematyki prowadzące do odpowiedzi na każde z ważnych praktycznych pytań (metody rozwiązywania zadań z kinematyki).
  - Metodę graficzną. Jeśli narysujemy na tym samym rysunku wykresy położenia obu pojazdów w czasie ich ruchu, to będziemy z tego rysunku mogli odczytać ważne dla nas informacje, np. miejsce spotkania, czy też czas, jaki mamy do wykonania manewru wyprzedzania wobec zbliżającego się z naprzeciwka samochodu.
  - Metodę analityczną. Jeśli dysponujemy wzorami opisującymi kolejne położenia każdego z samochodów w kolejnych chwilach czasu, to zamiast rysować możemy z tych wzorów obliczyć ważne dla nas wielkości.
7. Konieczne jest:
  - uzyskanie wiedzy o sposobie badania i opisywania ruchu,
  - zdobycie umiejętności badania i opisywania ruchu,
  - uzyskanie wiedzy o zależnościach między wielkościami charakteryzującymi ruch prostoliniowy jednostajny (odkrycie tych zależności i zapisanie zależności w postaci wykresów i wzorów),

- uzyskanie umiejętności matematycznych pozwalających na wykorzystanie tych wykresów i wzorów do obliczeń tak, by uzyskiwać odpowiedzi na ważne dla nas pytania dotyczące rzeczywistych sytuacji, z jakimi możemy się spotkać np. w ruchu drogowym.
8. Plan dalszej pracy:
- badanie ruchu prostoliniowego jednostajnego, formułowanie prawidłowości w jego przebiegu,
  - badanie ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego, formułowanie prawidłowości w jego przebiegu,
  - rozwiązywanie zadań dotyczących sytuacji w ruchu drogowym i dyskusja problemów i decyzji praktycznych,
  - dokonanie syntezy wiedzy z zakresu kinematyki.

### **Zadania w części 3. - realizacja przyjętego planu badawczego**

Realizacja, zgodnie z przyjętym planem, dalszej pracy obejmuje w każdym punkcie tego planu realizację pełnej sekwencji zadań obejmującej zadania w etapach projektowania, przygotowania, realizacji, analiz bieżących i etapowych przebiegu i efektów, analizy efektów końcowych i ich znaczenia w całości opracowanego planu. Przyjęto, iż uczniowie w zespołach 3-4 osobowych realizują badania ruchu prostoliniowego jednostajnego, a następnie prostoliniowego jednostajnie zmiennego samochodów poruszających się z różnymi prędkościami i różnymi przyspieszeniami tak, by stwarzać uczniom okazję do kilkukrotnego prezentowania i analizowania na forum całej klasy tych samych rodzajów efektów. Stwarza to szanse na zauważenie prawidłowości i cech charakterystycznych uzyskiwanych wyników.

Jako zasadę przyjęto wykonywanie przez uczniów pierwszych badań i opracowania danych bez wykorzystania arkusza kalkulacyjnego i oprogramowania do analiz ruchu. Nauka analizy ruchu z nagrań filmowych za pomocą programu Tracker<sup>7</sup> oraz wykorzystywania arkusza kalkulacyjnego Excel do opracowania i analizy danych jest kolejnym wyodrębnionym etapem w uczeniu się uczniów. Dopiero po tym etapie badania kolejnych ruchów różnych obiektów wykonywane są już z wykorzystaniem środków ICT.

### **Badanie ruchu prostoliniowego jednostajnego (BRJ)**

BRJ-Z1. Zaprojektować badania: zaprojektować przedmiot badań, cele badań i ich uzasadnienie, zaprojektować kolejne czynności badawcze, arkusz notatek i opracowania wyników, zestaw doświadczalny, narzędzia pomiarowe, organizację (podział zadań), sposób prezentacji wyników i ich dyskusji.

BRJ-Z2. Przygotować stanowiska badawcze, przyrządy pomiarowe i materiały zgodnie z opracowanym projektem i zaplanowaną organizacją.

BRJ-Z3. Wykonać zaplanowane czynności doświadczalne, zapisać w tabeli wyniki pomiarów (zbiory danych o położeniach w wybranych chwilach czasu podczas ob-

---

<sup>7</sup> Źródło: <http://www.opensourcephysics.org/>

serwacji ruchu, wraz z niepewnościami pomiarowymi) i nanieść punkty pomiarowe (czas, położenie) w układzie współrzędnych  $Otx(t)$ , sporządzić wykresy zależności położenia od upływającego czasu w badanych ruchach jednostajnych, opisać wzorem zależności położenia pojazdu od upływającego czasu w badanych ruchach.

BRJ-Z4. Dla tych samych badanych ruchów obliczyć szybkości w wybranych przedziałach czasu i oszacować niepewności, sporządzić wykresy  $(t, v(t))$  dla badanych ruchów, opisać wzorem zależności zależność szybkości od czasu w tych ruchach, przeanalizować związki między upływającym czasem, drogą (przesunięciem) i szybkością w badanych ruchach pojazdu (odkryć prawidłowości).

BRJ-Z5. Sprawdzić doświadczalnie poprawność odkrytych związków między wielkościami w opisie ruchu prostoliniowego jednostajnego (porównać wyniki obliczeń z pomiarami dokonanymi w modelowanych sytuacjach).

BRJ-Z6. Zaprezentować, porównać i przedyskutować wyniki badań poszczególnych zespołów.

### **Badanie ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego (BRJz)**

BRJz-Z1. Zaprojektować badania: zaprojektować przedmiot badań, cele badań i ich uzasadnienie, kolejne czynności badawcze, arkusz notatek i opracowania wyników, zestaw doświadczalny, narzędzia pomiarowe, organizację (podział zadań), sposób prezentacji wyników i ich dyskusji.

BRJz-Z2. Przygotować stanowiska badawcze, przyrządy pomiarowe i materiały zgodnie z opracowanym projektem i zaplanowaną organizacją.

BRJz-Z3. Wykonać zaplanowane czynności doświadczalne i zapisać wyniki pomiarów (zbiory danych o położeniach pojazdów w wybranych chwilach podczas obserwacji ruchu, wraz z niepewnościami pomiarowymi) w tabeli i nanieść punkty pomiarowe w układzie współrzędnych  $(t, x(t))$ , sporządzić wykresy zależności położenia od upływającego czasu w badanych ruchach pojazdów (w ruchach przyspieszonych i opóźnionych), opisać wzorem zależności położenia pojazdu od upływającego czasu w badanych ruchach,

BRJz-Z4. Dla tych samych badanych ruchów obliczyć szybkości zmian położenia w wybranych (możliwie najmniejszych) przedziałach czasu i oszacować niepewności obliczonych wartości, sporządzić wykresy  $(t, v(t))$  dla badanych ruchów, opisać wzorem zależność szybkości od czasu w tych ruchach,

BRJz-Z5. Dla tych samych badanych ruchów obliczyć szybkości zmian szybkość pojazdów w wybranych przedziałach czasu i oszacować niepewności obliczonych wartości; sporządzić wykresy  $(t, a(t))$  dla badanych ruchów; opisać wzorem zależność zmian szybkości od czasu w tych ruchach; przeanalizować związki między upływającym czasem, drogą (przesunięciem dokonywanym w wybranym czasie ruchu), szybkością i przyspieszeniem w badanych ruchach pojazdu (odkryć prawidłowości).

BRJz-Z6. Sprawdzić doświadczalnie poprawność odkrytych związków między wielkościami w opisie ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego (porównać wyniki obliczeń z pomiarami dokonanymi w modelowanych sytuacjach).

BRJz-Z7. Zaprezentować, porównać i przedyskutować wyniki badań poszczególnych zespołów.

#### **Zadania w części 4. - dokonanie syntezy wiedzy z zakresu kinematyki.**

Celem tej części jest porządkowanie, doprecyzowywanie i wzmacnianie przebiegów i efektów pracy uczniów. Część ta realizowana jest w dwu etapach. W etapie pierwszym uczniowie, którzy badali zjawisko ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego oraz opracowali sposoby (metody) rozwiązywania typowych zadań z kinematyki opracowują indywidualnie mapy treści dotychczas uzyskanej wiedzy z kinematyki. W etapie drugim, po rozwiązaniu serii zadań praktycznych dotyczących sytuacji w ruchu drogowym (lub/i sytuacji analogicznych), uczniowie uzupełniają swoje mapy treści opracowanymi przez siebie zbiorami zadań z tego działu fizyki i wskazówkami do ich rozwiązywania. Cenione są w szczególności zadania związane z sytuacjami rzeczywistymi i o charakterze praktycznym.

#### **Zadania w części 5. - rozwiązywanie zadań dotyczących sytuacji w ruchu drogowym, dyskusja problemów i decyzji praktycznych.**

Z każdą z modelowaną w pracowni sytuacją występującą w ruchu drogowym (pościgu, spotkania, omijania długiej przeszkody, wyprzedzania długiego pojazdu, wymijania się długich pojazdów poruszających się po równoległych torach, pościgu, gdy jeden z pojazdów przyspiesza) związanej sekwencją trzech zadań. Poniżej przedstawiono ich treść wraz z rysunkami przedstawiającymi efekty rozwiązania metodą graficzną oraz analityczną. W rozwiązaniu graficznym do uzyskania wykresów zmian położenia w czasie obserwacji i analizy ruchu z filmów wykorzystano program Tracker.

##### *Sytuacja pościgu (S1).*

**S1Z1r.** – Wyznaczyć czas i miejsce spotkania pojazdów w sytuacji pościgu metodą graficzną.

**S1Z2r.** – Wyznaczyć czas i miejsce spotkania pojazdów w sytuacji pościgu metodą analityczną.

**S1Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej użyteczność dokładnego oszacowania czasu i miejsca spotkania w tej sytuacji, np. zadanie polegające na zaplanowaniu spotkania o określonej godzinie w wybranej miejscowości podczas wakacyjnej wyprawy dwu samochodów wyruszających do celu z tej samej miejscowości w różnych chwilach czasu.

##### *Sytuacja spotkania (S2).*

**S2Z1r.** – Wyznaczyć metodą graficzną czas i miejsce spotkania pojazdów.

**S2Z2r.** – Wyznaczyć metodą analityczną czas i miejsce spotkania pojazdów poruszających się do chwili spotkania z dwu różnych kierunków.

**S2Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej użyteczność dokładnego oszacowania czasu i miejsca spotkania w tej sytuacji np. koniecznych średnich szybkości i godziny startu obu samochodów, by spotkanie odbyło się w określonym miejscu i określonej chwili.

*Sytuacja omijania długiej przeszkody (S3).*

**S3Z1r.** – Wyznaczyć metodą graficzną czas omijania nieruchomej długiej przeszkody.

**S3Z2r.** – Wyznaczyć metodą analityczną czas omijania nieruchomej długiej przeszkody.

**S3Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej znaczenie i użyteczność dokładnego oszacowania czasu omijania długiej nieruchomej przeszkody lub koniecznej szybkości, jaką trzeba mieć do bezpiecznego wykonania tego manewru.

*Sytuacja wyprzedzania długiego pojazdu (S4).*

**S4Z1r.** – Wyznaczyć metodą graficzną czas i drogę wyprzedzania długiego pojazdu.

**S4Z2r.** – Wyznaczyć metodą analityczną czas i drogę wyprzedzania długiego pojazdu.

**S4Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej użyteczność dokładnego oszacowania czasu i drogi przy wykonywaniu najbardziej niebezpiecznego na drogach manewru wyprzedzania.

*Sytuacja wymijania się długich pojazdów poruszających się po równoległych torach (S5).*

**S5Z1r.** – Wyznaczyć metodą graficzną czas i drogę wymijania długiego pojazdu.

**S5Z2r.** – Wyznaczyć metodą analityczną czas i drogę mijania długiego pojazdu.

**S5Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej użyteczność dokładnego oszacowania czasu i drogi przy wymijaniu (np. oszacowania szybkości wymijanego pociągu jadącego torem równoległym do drogi).

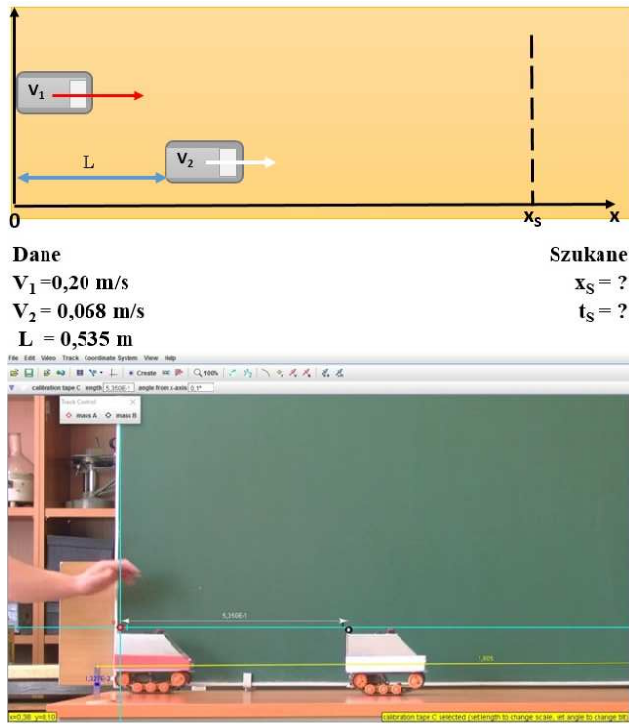
*Sytuacja pościgu, gdy jeden z pojazdów przyśpiesza. (S6).*

**S6Z1r.** – Wyznaczyć metodą graficzną czas i miejsce spotkania w sytuacji pościgu, gdy ścigający jedzie z określonym przyśpieszeniem.

**S6Z2r.** – Wyznaczyć metodą analityczną czas i i miejsce spotkania w sytuacji pościgu, gdy ścigający jedzie z określonym przyśpieszeniem.

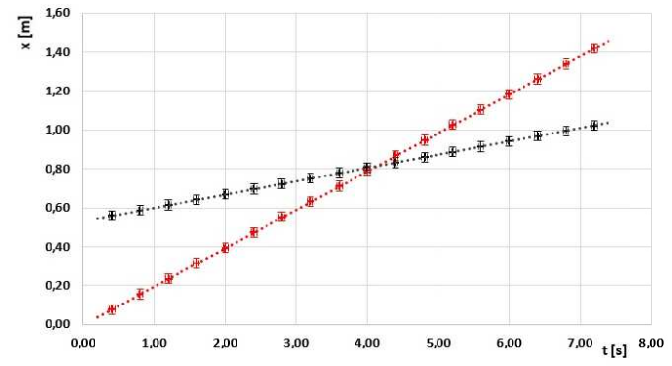
**S6Z3r.** – Sformułować i rozwiązać zadanie o podobnej treści eksponującej użyteczność dokładnego oszacowania czasu i miejsca spotkania w tej sytuacji, gdy jeden z pojazdów przyśpiesza lub hamuje z określonym przyśpieszeniem(ujemnym).

Zadaniem końcowym w części 5. jest uzupełnienie mapy treści kinematyki o zastosowania wiedzy i metod kinematyki. Realizacja tego zadania jest uzupełnieniem zadań z części czwartej.



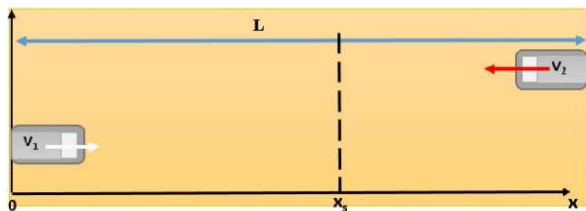
$$\begin{cases} x_s = V_1 \cdot t_s \\ x_s - L = V_2 \cdot t_s \end{cases}$$

$$x_s = \frac{V_1 \cdot L}{V_1 - V_2} = 0,81 \text{ m} \qquad t_s = \frac{L}{V_1 - V_2} = 4,03 \text{ s}$$



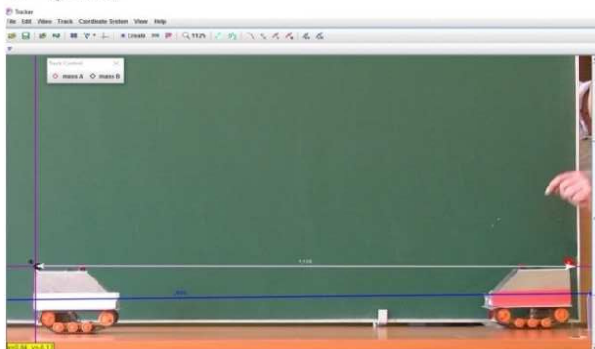
Rys.7. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących sytuacji pościgu. L- odległość początkowa między pojazdami,  $x_s$  – miejsce spotkania.





**Dane**  
 $v_1 = 0,068 \text{ m/s}$   
 $v_2 = 0,20 \text{ m/s}$   
 $L = 1,185 \text{ m}$

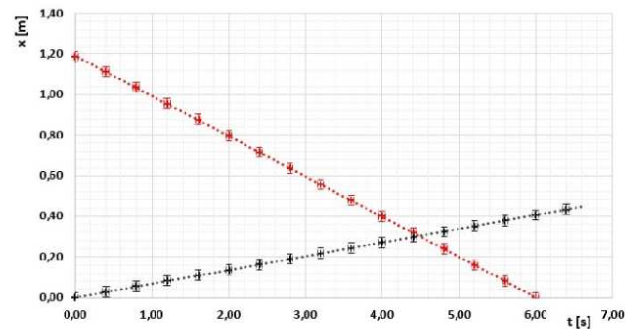
**Szukane**  
 $x_s = ?$   
 $t_s = ?$



$$\begin{cases} x_s = v_1 \cdot t_s \\ x - x_s = v_2 \cdot t_s \end{cases}$$

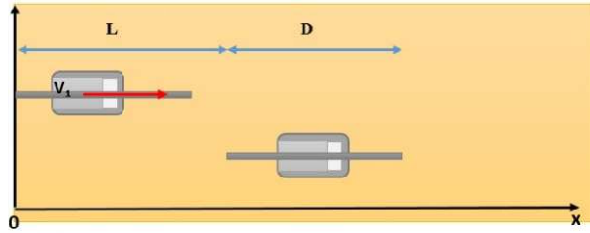
$$x_s = \frac{v_1 \cdot x}{v_1 + v_2} = 0,30 \text{ m}$$

$$t_s = \frac{x}{v_1 + v_2} = 4,42 \text{ s}$$



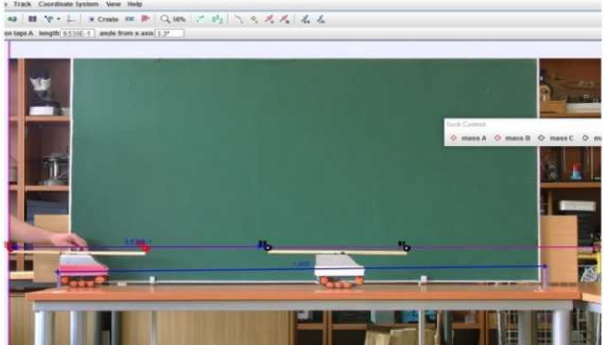
Rys.8. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących sytuacji spotkania.  $L$ - odległość początkowa między pojazdami,  $x_s$  – miejsce spotkania.

Źródło: opracowanie własne autorów.



**Dane**  
 $v_1 = 0,30 \text{ m/s}$   
 $L = 0,95 \text{ m}$   
 $D = 0,50 \text{ m}$

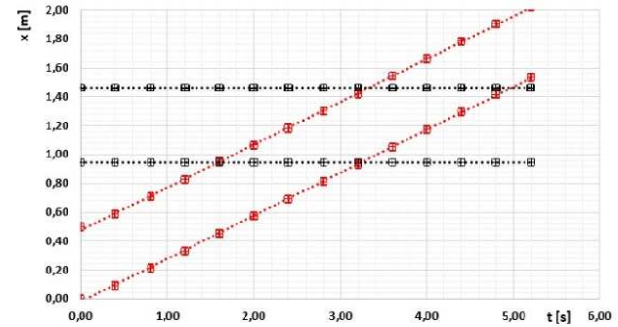
**Szukane**  
 $x_m = ?$   
 $t_m = ?$



$$L - D = v_1 \cdot t_1 \qquad L + D = v_1 \cdot t_2$$

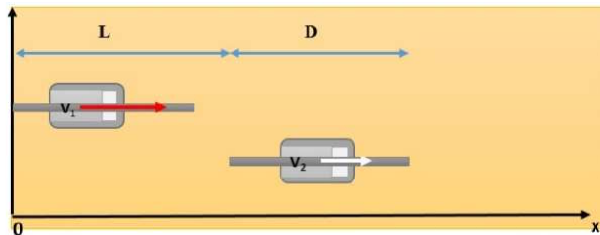
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta t = \frac{2D}{v_1} = 3,3 \text{ s}$$



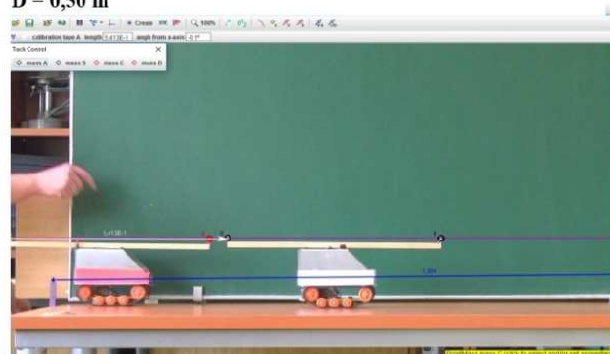
Rys.9. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących omijania długiej przeszkody. L- odległość początkowa między pojazdami, D – długość pojazdów.

Źródło: opracowanie własne autorów.



**Dane**  
 $V_1 = 0,30 \text{ m/s}$   
 $V_2 = 0,068 \text{ m/s}$   
 $L = 0,54 \text{ m}$   
 $D = 0,50 \text{ m}$

**Szukane**  
 $x_m = ?$   
 $t_m = ?$



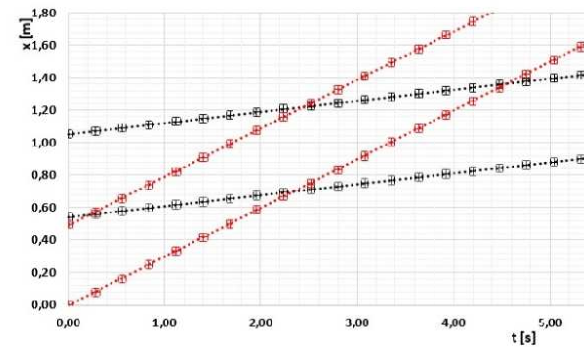
$$\begin{cases} x_s - D = V_1 \cdot t_1 \\ x_s - L = V_2 \cdot t_1 \end{cases} \quad \begin{cases} x_m = V_1 \cdot t_2 \\ x_m - L - D = V_2 \cdot t_2 \end{cases}$$

$$x_s = \frac{V_1 L - V_2 D}{V_1 - V_2} = 0,56 \text{ m} \quad x_m = \frac{V_1(L + D)}{V_1 - V_2} = 1,36 \text{ m}$$

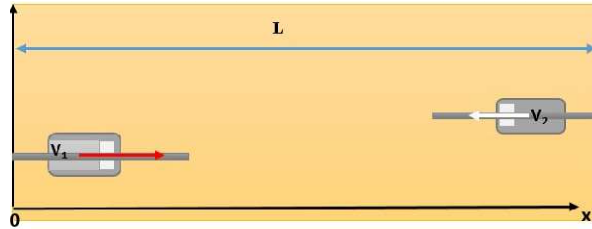
$$t_s = \frac{x_s - D}{V_1} = 0,20 \text{ s} \quad t_m = \frac{x_m}{V_1} = 4,50 \text{ s}$$

$$\Delta x = x_m - x_s = 0,80 \text{ m}$$

$$\Delta t = t_m - t_s = 4,30 \text{ s}$$



Rys.10. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących sytuacji wyprzedzania długiego pojazdu.  
 Źródło: opracowanie własne autorów.



Dane

$$v_1 = 0,20 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0,10 \text{ m/s}$$

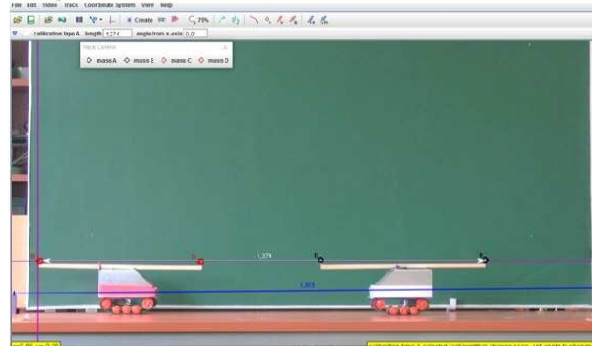
$$L = 1,37 \text{ m}$$

$$D = 0,50 \text{ m}$$

Szukane

$$x_m = ?$$

$$t_m = ?$$



$$\begin{cases} x_s - D = v_1 \cdot t_s \\ L - D - x_s = v_2 \cdot t_s \end{cases}$$

$$x_s = \frac{v_1 \cdot D - D(v_1 - v_2)}{v_1 + v_2} \approx 0,75 \text{ m}$$

$$t_s = \frac{x_s - D}{v_1} = 1,25 \text{ s}$$

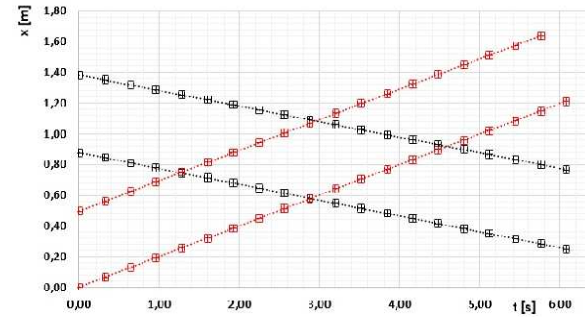
$$\begin{cases} x_m = v_1 \cdot t_m \\ L - x_m = v_2 \cdot t_m \end{cases}$$

$$x_m = \frac{v_1 \cdot L}{v_1 + v_2} \approx 0,92 \text{ m}$$

$$t_m = \frac{L}{v_1 + v_2} = 4,56 \text{ s}$$

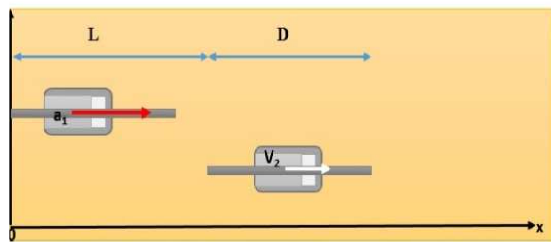
$$\Delta x = x_m - x_s = 0,17 \text{ m}$$

$$\Delta t = t_m - t_s = 3,31 \text{ s}$$



Rys.11. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących sytuacji wymijania się długich pojazdów poruszających się po równoległych torach. L- odległość początkowa między pojazdami, D – długość pojazdów.

Źródło: opracowanie własne autorów.



Dane

$$a_1 = 0,55 \text{ m/s}^2$$

$$v_2 = 0,07 \text{ m/s}$$

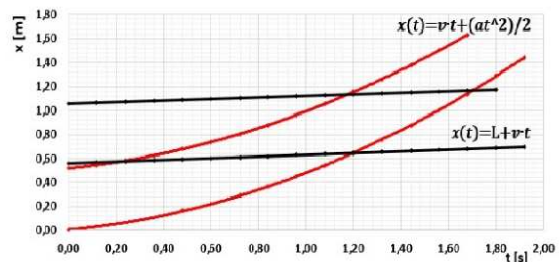
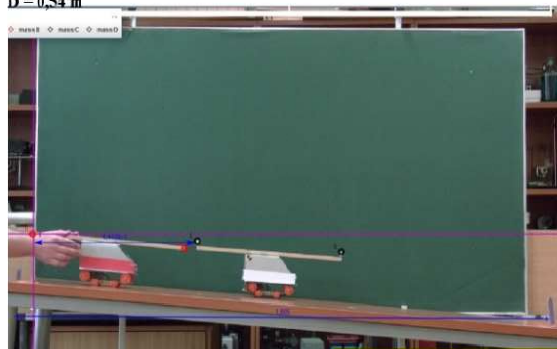
$$L = 1,37 \text{ m}$$

$$D = 0,54 \text{ m}$$

Szukane

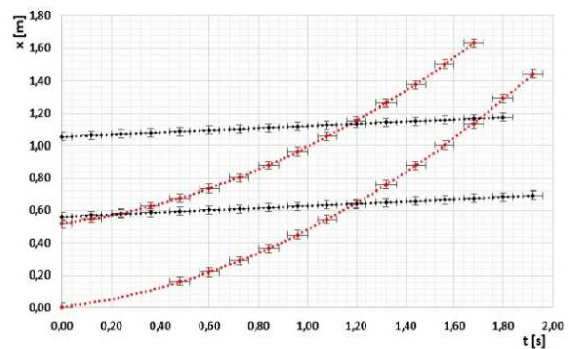
$$x_m = ?$$

$$t_m = ?$$



$$x_m = 0,63 \text{ m}$$

$$t_s = 1,46 \text{ s}$$



Rys.12. Efekty rozwiązywania zadań dotyczących sytuacji pościgu, gdy jeden z pojazdów przyspiesza. L- odległość początkowa między pojazdami, D – długość pojazdów.

Źródło: opracowanie własne autorów.

### 3. Weryfikacja i wnioski szczegółowe dotyczące prezentowanych rozwiązań.

Przedstawione w opracowaniu rozwiązania są efektem praktycznej syntezy dwu podejść: prac o charakterze teoretycznym obejmujących analizy prawidłowości w kolejnych etapach rozwoju poznawczego dzieci i młodzieży, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb rozwojowych<sup>8</sup> oraz możliwości i wyzwań, jakie dla tego rozwoju stwarza specyficzny charakter treści fizyki oraz prac o charakterze wielo-etapowego eksperymentu dydaktycznego, w którym projekty, realizacje i analizy przebiegu realizacji i uzyskiwanych efektów decydowały o metodach, treściach i rozwiązaniach realizowanych w następnych spotkaniach z młodzieżą (z tych samych lub innych grup), a dane o przebiegach i efektach gromadzono łącząc postępowanie dydaktyczne z badawczym (realizowanym metodą obserwacji uczestniczącej i analizą efektów prac uczniów)<sup>9</sup>.

Projektowane strategie i realizowane w ich ramach rozwiązania, przebieg realizacji i uzyskiwane efekty analizowano pod kątem określenia minimalnego zakresu treści, działań i uwarunkowań koniecznych do skutecznego i poprawnego ukształtowania podstawowych pojęć kinematyki, ukształtowania elementarnej wiedzy o metodach i narzędziach kinematyki oraz opanowania umiejętności stosowania tej wiedzy na poziomie wystarczającym do poprawnego zrozumienia tekstu zadań z fabułą mającą znaczenie praktyczne w codziennym życiu, poprawnego rozwiązywania tych zadań i poprawnego interpretowania uzyskanych wyników. Szczególną uwagę zwracano także na rodzaj i poziom emocji towarzyszących zajęciom, poziom zaangażowania uczniów, poziom i charakter ich aktywności, sposoby argumentowania potrzeby lub konieczności podejmowania określonych działań i zajmowania się określonymi treściami, na motywy i rodzaj relacji, w jakie wchodziłi uczestnicy zajęć (np. współpracy, dominacji, wykluczania, wycofywania się) oraz postawy przyjmowane wobec faktu uczestniczenia w zajęciach z fizyki.

Kolejne wersje rozwiązań dotyczących realizacji treści kinematyki w szkołach ogólnokształcących realizowano i weryfikowano podczas zajęć z zapraszonymi na WFiIS UŁ grupami młodzieży z klas 5 i 6 szkół podstawowych oraz z klas 1 i 2 gimnazjów (choć preconcepcje pojęć kinematyki oraz zrozumienie i praktyczne radzenie sobie w sytuacjach kinematycznych sprawdzano także z dziećmi w wieku przedszkolnym). Część zajęć autorzy realizowali także podczas wizyt w szkołach w naturalnych dla uczniów warunkach podporządkowując się wymogom systemu klasowo-lekcyjnego (dysponując dwoma kolejnymi godzinami lekcyjnymi). Zakres merytoryczny i oczekiwane efekty dla grup ze szkół podstawowych i z gimnazjów były takie same. Zajęcia z kinematyki, w różnych układach realizacyjnych i kontekstach fabularnych, realizowane były podczas pojedynczych lub kilkakrotnych spotkań z każdą z zapraszanych grup uczniów. Każde spotkanie zajmowało od 1 do 4

---

<sup>8</sup> Psychologia rozwoju człowieka, red. naukowa: J. Trempała. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011

<sup>9</sup> P. Skurski, Postępowanie dydaktyczno-badawcze w dynamicznej i twórczej realizacji procesu dydaktycznego. Wyd. UŁ, 2006.

godzin zegarowych. Przedstawione w opracowaniu sekwencje zadań realizowano i dyskutowano także z nauczycielami przygotowującymi się do nauczania fizyki jako drugiego przedmiotu nauczania na studiach podyplomowych. Przeprowadzone obserwacje i analizy tych zajęć pozwoliły na sformułowanie wielu szczegółowych spostrzeżeń i hipotez roboczych dla dalszych prac projektowych i badań.

Dotychczasowe prace pozwalają stwierdzić, że poprzez realizację przez uczniów, (zarówno klas 5 i 6 szkół podstawowych, jak i klas 1 i 2 gimnazjów) opisanej w artykule strategii i zawartego w jej ramach układu zadań, zakładane cele edukacyjne były osiągnięte skutecznie i w sposób satysfakcjonujący oraz pozytywnie odbierane przez uczniów.

Osiągnięcie zakładanych celów wymaga realizacji sekwencji zadań zgodnie ze strategią prezentowaną w niniejszej pracy. W szczególności:

- „zderzania” uczniów z sytuacjami praktycznymi (poprzez ich aranżowanie w sposób fabularyzowany i modelowanie w pracowni), z których wynikać będzie dla uczniów użyteczność i potrzeba rozpoznania i przeanalizowania tych sytuacji, możliwość sformułowania celów praktycznych i poznawczych (koniecznych do osiągnięcia celów praktycznych) oraz ich uzasadnienia;
- podejmowanie przez uczniów wszechstronnej aktywności w procesie badania i opisywania ruchu, budowania wiedzy o badaniu i opisie ruchu (prostoliniowego i prostoliniowego jednostajnie zmiennego) oraz w opanowywaniu umiejętności pozwalających na rozwiązanie serii zadań praktycznych, których rozwiązywanie i wyniki rozwiązywania będą dla uczniów potwierdzeniem ich niewątpliwych kompetencji przedmiotowych,
- w etapie kształtowania umiejętności uczniów z zakresu kinematyki konsekwentne i poprawne merytorycznie stosowanie przez nich procedury badania i opisywania ruchu, stosowanie podstawowych pojęć opisu tego zjawiska oraz obu metod rozwiązywania zdań w rozpoznawaniu i analizowaniu sytuacji kinematycznych, wyjaśnianiu zmian w przebiegu ruchu (na podstawie danych o ruchu z wykorzystaniem znajomości związków kinematycznych), przewidywaniu zmian w analizowanych sytuacjach kinematycznych, formułowaniu wniosków praktycznych ważnych dla podmiotów tych sytuacji.

Uzyskiwanie przez uczniów satysfakcjonujących efektów łączyło się z przechodzeniem w realizacjach od poziomu analiz jakościowych (w etapie analiz sytuacji zadaniowych) do ilościowych (w etapie ich rozwiązywania i sprawdzania doświadczalnego poprawności rozwiązań) i z powrotem do jakościowych podczas interpretowania wyników i formułowania wniosków praktycznych (stosownie do warstwy fabularnej treści zadań).

Spełnienie tego ostatniego warunku wymaga, wspólnie z uczniami, określania wiedzy i umiejętności z zakresu matematyki, które są konieczne w analizie sytuacji zadaniowej oraz w graficznym i analitycznym rozwiązywaniu zadań z kinematyki.

W ostatnich kilku latach nie obserwujemy różnic między uczniami ze szkół podstawowych i uczniami z gimnazjów w poziomie rozwoju poznawczego. Ogół uczniów z obu grup pozostaje na etapie realizowania operacji konkretnych. Obser-

wujemy jednak wyraźne różnice w przebiegach i efektach pracy tych uczniów. Uczniowie ze szkół podstawowych spontanicznie i w sposób bardziej otwarty niż uczniowie gimnazjum reagują na fabularyzowane sytuacje zadaniowe, zwykle nie mają oporów we wspólnym odtwarzaniu (modelowaniu) tych sytuacji w pracowni, łatwo wchodzą w role bohaterów tych sytuacji i uzasadniają potrzebę poszukiwania rozwiązań oraz próbują formułować przypuszczenia dotyczące rozwoju sytuacji. Sprzyja to ich angażowaniu racjonalnemu i emocjonalnemu, ułatwia formułowanie celów praktycznych i celów poznawczych koniecznych do osiągnięcia celów praktycznych. Ułatwia to także komunikację między uczniami oraz uczniami i nauczycielem. W dyskusowaniu sytuacji zadaniowej posługują się rekwizytami używanymi w modelowaniu, odtwarzają role w analizowanych sytuacjach i pokazują przebieg zjawisk kinematycznych mową ciała, itp. Zwykle nie mają oporów w argumentowaniu potrzeby wykonania działań, które uważają, że warto wykonać. Uczniowie ze szkół podstawowych są bardziej skoncentrowani na treściach i działaniu, uczniowie gimnazjów na efektach i ocenie, uczniowie szkół podstawowych na odkrywaniu i tworzeniu, uczniowie gimnazjów na przyswajaniu i odtwarzaniu.

Efekty uzyskiwane na zajęciach z kinematyki przeprowadzanych zgodnie z opisanymi rozwiązaniami były dla obu grup porównywalne. Otwartą, wymagającą dalszych badań kwestią pozostaje trwałość i operatywność uzyskiwanej przez obie grupy uczniów wiedzy i umiejętności z zakresu kinematyki. Ze względu na cele nadrzędne edukacji i cele kształcenia ogólnego oraz biorąc pod uwagę argumenty formułowane na gruncie psychologii rozwojowej oraz wyniki obserwacji pracy uczniów z obu grup autorzy są przekonani o możliwości i potrzebie rozpoczynania zajęć z fizyki z uczniami 5. i 6. klasy szkół podstawowych.

Z obserwacji i analiz efektów realizowania z uczniami różnych rozwiązań dydaktycznych wynika, iż obniżanie efektów uzyskiwanych przez uczniów obserwowano, gdy z aktywności uczniów wyłączano którąkolwiek z wyżej opisanych składowych. Ze swobodnych rozmów z uczniami w przerwach zajęć (okazje do takich rozmów z uczniami są w przypadku, kiedy realizowany jest cykl kilku spotkań) wynika, że wyłączenie, lub tylko skracanie czasu pracy uczniów zaangażowanych w realizację określonej składowej, lub wyłączenie poprzez zastępowanie aktywności uczniów aktywnością osób prowadzących zajęcia, zawsze zakłócało proces poznawczy uczniów. Wprowadzało stres, powodowało trudności w realizacji danego działania, powodowało trudności w realizacji następnych działań wymagających zrozumienia i samodzielnego wykonania działania poprzedniego. Powodowało występowanie luk w racjonalnie postrzeganym ciągu działań oraz uruchamiało negatywne emocje. „Odbierało satysfakcję z uczestniczenia w poważnej naukowej pracy” (cytat z wypowiedzi jednego z uczniów, który podsumował opinie kolegów, gdy z zajęć musieliśmy wyłączyć kilka działań uczniów ze względu na zbliżającą się godzinę odjazdu autobusu, który miał odwieźć uczniów do domu).

Zdecydowanie negatywny wpływ na efekty zajęć z kinematyki miały próby typowego szkolnego sprawdzania i oceniania wiedzy uczniów (odpytanie i stosowny komentarz) na początku zajęć. Taki element rozpoznania początkowego stanu wiedzy i umiejętności zaproszonych uczniów wprowadzono do dwu spotkań na prośbę



uczestniczących w zajęciach studentów, którzy nie byli przekonani o negatywnym wpływie takich „zabiegów dydaktycznych”. Także nauczyciele, uczestnicy studiów podyplomowych, uważali takie rozpoznawanie za naturalny i poprawny element pracy na lekcji. Etap wprowadzania nowych pojęć, odkrywania nowych dla uczniów praw fizyki i stosowania tych praw (rozwiązywania zadań ukierunkowanego na kształtowanie umiejętności uczniów) powinien być wolny od jakiegokolwiek oceniania i wartościowania uczniów.

Ciekawe okazują się spostrzeżenia i opinie o prezentowanych rozwiązaniach w realizowaniu treści kinematyki formułowane przez nauczycieli zdobywających uprawnienia do nauczania fizyki jako drugiego przedmiotu nauczania. Nauczyciele, którzy jeszcze nie uczyli fizyki mają zwykle obawy przed realizacją tych treści. Pamiętają własne trudności szkolne, zderzyli się z tymi treściami na poziomie akademickim w ramach wykładów z fizyki ogólnej oraz konwersatorium z mechaniki. Prezentowaną strategię poznają w sposób praktyczny w ramach zajęć w pracowni dydaktyki fizyki i dyskutują w ramach konwersatorium z dydaktyki fizyki. Odczuwają jej efekty podczas zajęć, w czasie których wykonują sekwencje zadań w roli uczniów.

Pierwsze odczucia są pozytywne. „Wreszcie zrozumieliśmy”, „teraz się poukładało”, to cytaty wyrażające pierwsze refleksje z tych zajęć. Wątpliwości pojawiają się w fazie przymierzania się do własnych realizacji treści kinematyki w szkole. Pierwsze dotyczą zwykle wykonywania przez uczniów doświadczeń z zakresu kinematyki. Nauczyciele akceptują zwykle obowiązek wykonania przez uczniów pomiarów i wykresów zależności położenia w ruchu jednostajnym i w ruchu jednostajnie zmiennym. Wyrażają jednak pogląd, że gdyby uczniowie musieli projektować i przygotowywać takie doświadczenia, a następnie analizować otrzymane wykresy i odkrywać związki kinematyczne, to „trzeba byłoby na takie doświadczenia przeznaczyć co najmniej pięć godzin lekcyjnych (jedną na planowanie, dwie na ruch jednostajny, dwie lub trzy na ruch jednostajnie zmienny)” (cytat z typowych wypowiedzi nauczycieli). Poza tym w szkole nie ma zwykle możliwości realizowania zajęć dwugodzinnych. Pojawiają się też stwierdzenia, że przecież uczniowie przede wszystkim „muszą się nauczyć rozwiązywania zadań, gdyż z tego oni i nauczyciel będą rozliczani”. Dlatego „lepiej dać im instrukcję z tabelką i wykresem do wypełnienia, wtedy można się zmieścić w dwu godzinach”. Kolejny do rozstrzygnięcia dylemat wynika z tego, że są laboratoria komputerowe (np. Pasco, Coach) z czujnikami ruchu i oprogramowaniem, które automatycznie zbierają dane i kreślą wykresy. Są także wsporniki do animacji ruchu i tworzenia wykresów zależności od czasu, położenia, szybkości, przyspieszeń. Poza tym są na te tematy filmy dydaktyczne w sieci oraz materiały dla nauczycieli dołączane przez wydawnictwa edukacyjne do pakietów towarzyszących podręcznikom szkolnym. Trudne może być także w szkole przygotowanie pracowni dla uczniów. Trzeba przygotować zestawy (w niedoinwestowanej pracowni trudno), a często nauczyciel na przerwach musi dyżurować na korytarzu. Trudne do realizacji wydają się nauczycielom także dyskusje, np. różnych sytuacji, w klasach liczących około 30 osób. „Na realizację takich rozwiązań nie ma w dzisiejszej szkole warunków” (kolejny cytat). Są jednak nauczyciele, którzy widzą wartości takiej strategii i szanse na jej realizację z uczniami.

Ucząc dwu lub trzech przedmiotów widzą szansę łączenia treści zajęć, część doświadczeń chcą zrealizować na zajęciach pozalekcyjnych<sup>10</sup>, a ich efekty uczniowie w nich uczestniczący pokażą wszystkim uczniom na lekcji w klasie.

#### 4. Wnioski końcowe

Dotychczasowe badania i analizy przebiegu i efektów realizacji przedstawionego układu zadań i podobne badania dotyczące strategii i rozwiązań w realizacji innych zakresów treści fizyki, upoważniają do sformułowania wniosków ogólniejszych.

W dążeniu do zwiększania efektywności osiągania celów nadrzędnych edukacji ogólnokształcącej poprzez nauczanie i uczenie się fizyki, przedmiotu o wysokim potencjale kształtującym i ważnym w przygotowaniu młodzieży do studiowania fizyki i innych dyscyplin naukowych wykorzystujących wiedzę i metody fizyki, i ważnym w przygotowaniu kadr dla nauki i gospodarki, istnieje pilna potrzeba:

- podejmowania prac projektowych nad nowymi, innowacyjnymi i efektywnymi strategiami i rozwiązaniami dydaktycznymi, które poprzez uwzględnianie istoty i charakteru treści fizyki umożliwiłyby skuteczne i efektywne osiąganie przez uczących się celów w zakresie wykształcenia ogólnego, osiąganie kompetencji przedmiotowych oraz wymaganych we współczesnym świecie kompetencji społecznych,
- prowadzenia szerokich i intensywnych interdyscyplinarnych badań dydaktycznych nad skutecznością i efektywnością projektowanych strategii edukacyjnych i rozwiązań dydaktycznych,
- uwzględniania nowych strategii i rozwiązań oraz wyników badań w praktyce nauczania fizyki oraz w kształceniu i doskonaleniu nauczycieli tego przedmiotu,
- kształtowania warunków organizacyjnych i materialnych dla skutecznego i efektywnego realizowania tych strategii i rozwiązań w praktyce edukacyjnej.

#### Bibliografia

1. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 27 sierpnia 2012 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz. U. z 2012 r. poz. 977).
2. Pedagogika. Podręcznik akademicki, t2, red. Z Kwieciński, B. Śliwerski, Wydawnictwo Naukowe PWN
3. Psychologia rozwoju człowieka, red. naukowa: J. Trempała. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011.
4. Skurski P., Postępowanie dydaktyczno-badawcze w dynamicznej i twórczej realizacji procesu dydaktycznego. Wyd. UŁ, 2006.
5. Skurski P. (red.), Projekt doskonalenia nauczycieli fizyki w zakresie działalności pozalekcyjnej w gimnazjach. Wyd. CMYK Studio Sp. z o.o., Łódź, 2011.
6. Program Tracker, źródło: <http://www.opensourcephysics.org/>

---

<sup>10</sup> Skurski P. (red.), Projekt doskonalenia nauczycieli fizyki w zakresie działalności pozalekcyjnej w gimnazjach, Wyd. CMYK Studio, Sp. Z o.o., Łódź, 2011