

## **Elżbieta Krawczyk, Wojciech Dindorf**

**(wg. Przewodnika Metodycznego "Moja Fizyka" WSzPWN W-wa 2002 s 40-47)**

### **Fizyka posługuje się wektorami**

#### SCENARIUSZ LEKCJI

**Hasło programowe:** Temat ten jak nazwa sugeruje poświęcony jest wprowadzeniu (gimnazjum) lub powtórzeniu i odświeżeniu (liceum - powiedzmy!) działań na wektorach.

Tematem wiodącym w naszym programie nauczania jest wszechobecny ruch. Najlepszym sposobem ilustracji ruchu jest – jeśli się ma wyobraźnię – zapis wektorowy, albo prawidłowo sporządzony wykres.

#### **Po co uczniom wektory?**

Dla ćwiczenia wyobraźni, bardzo ważnej umiejętności w studiowaniu przyrody. Nuty napisane choćby najbardziej poprawnie, dla jednych zupełnie nic nie znaczą, a u innych wywołują miłe odczucie, (gdy są zapisem miłej melodii). Wektor to też zapis, z którego tylko ten kto zna kod potrafi odczytać „melodię”. Dobry zapis wektorowy, podobnie jak dobry wykres czy dobry rysunek może skutecznie zastąpić wiele słów. To postaramy się - między innymi - na tej lekcji pokazać.

O tym, że wielkości fizyczne mogą być skalarnie lub wektorowe dowiedzieli się uczniowie w gimnazjum. Wtedy też poznali sposób zapisu i metodę dodawania wektorów.

**Zagadnienie główne:** Za pomocą wektorów można opisywać zjawiska fizyczne.

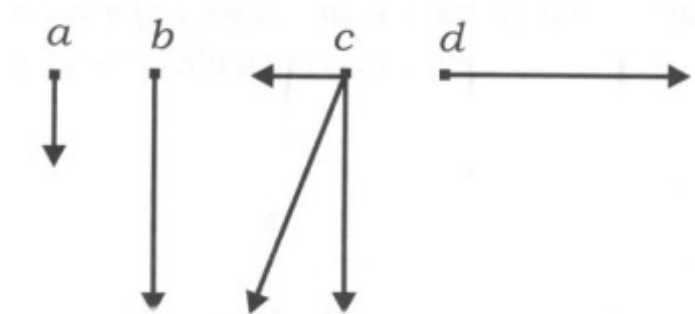
**Cel, który chcemy osiągnąć:** Chcemy, aby uczeń: patrzył na wektor jak na zakodowaną informację, umiał tę informację odczytać, potrafił opisać obserwowane zjawisko za pomocą wektorów, zdawał sobie sprawę z różnic między działaniem na wektorach, a działaniem na liczbach *oraz* umiał w otaczającym go świecie znaleźć zjawisko, które pasowałoby do opowiedzianej wektorami historii

#### **Przebieg 45 minutowej lekcji:**

Na tablicy, przed lekcją, możemy narysować kilka sytuacji . Wszystkie rysunki powinny być wyraźne, ponumerowane, tak by można było widzieć je z każdego miejsca w klasie.

Takie przygotowanie lekcji nie zabiera wiele czasu, a pomaga potem rozmawiać z klasą stojąc czy siedząc w dowolnym miejscu.

Oto przykład.

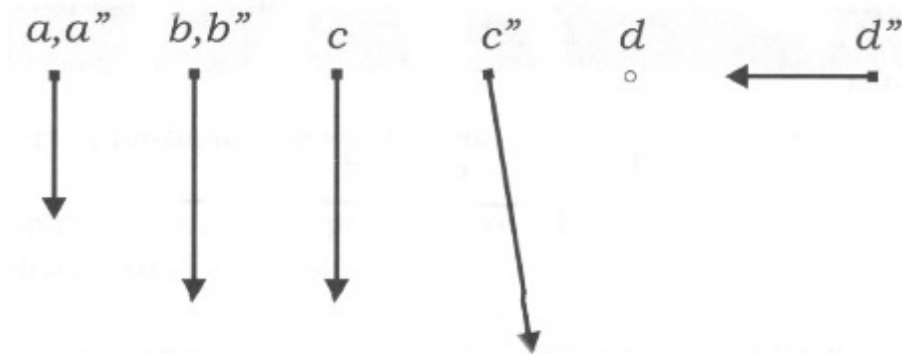


**Przedyskutujmy z uczniami nasze zapisy. (10 minut)**

Niech pierwszy wektor (a) oznacza prędkość kropli deszczu spływającej po szybie samochodu, obserwowanej przez kogoś stojącego na zewnątrz nieruchomego auta. Niech pozostałe dotyczą tej samej kropli (i obserwatora) w chwilach późniejszych. Co mogą oznaczać kolejne rysunki? Można bez uprzedniego planowania, polegając na fantazji czy wyobraźni uczniów zająć wszystkich wymyśleniem bajki, która jak wszystkie bajki, nie powinna być pozbawiona logiki.

Nr. rysunku	Możliwa odpowiedź ucznia, lub sugestie nauczyciela
b.	samochód stoi, kropla porusza się szybciej, może urosła i lepiej sobie radzi z przylepnością? Jeśli rysunek jest zrobiony z zachowaniem proporcji, można określić wzrost prędkości.
c.	samochód jedzie w lewo w rezultacie kropla porusza się ukosem w dół. Gdybym nie stał obok i nie widział, że auto ruszyło mógłbym równie dobrze pomyśleć, że to wiatr zawiął. Jeśli kropla była od strony wewnętrznej mógłbym z rysunku określić szybkość auta znacznie mniejszą niż szybkość spadania kropli. Można zwrócić uwagę, jakie trudności się pojawiają: kropla na szybie na zewnątrz jest unoszona przez jadący pojazd, ale popychana przez pęd powietrza w kierunku przeciwnym. Nie wiele więc można o szybkości auta powiedzieć.
d.	wygląda na to, że kroplę wody coś musiało zatrzymać. W międzyczasie samochód – może po wycofaniu się z miejsca parkowania – pojechał już nieco szybciej unosząc kroplę ze sobą.

Kiedy ocenimy, że sprawa jest wyjaśniona, proponujemy uczniom chwilę zastanowienia nad następującym problemem: Jak tę samą historyjkę narysowałby kierowca auta? Pod każdym rysunkiem na tablicy przedstawimy wektor prędkości kropli tak jak to widzi kierowca. Wektor zerowy oznaczajmy małym kółeczkiem. Oto czego powinniśmy oczekiwać:

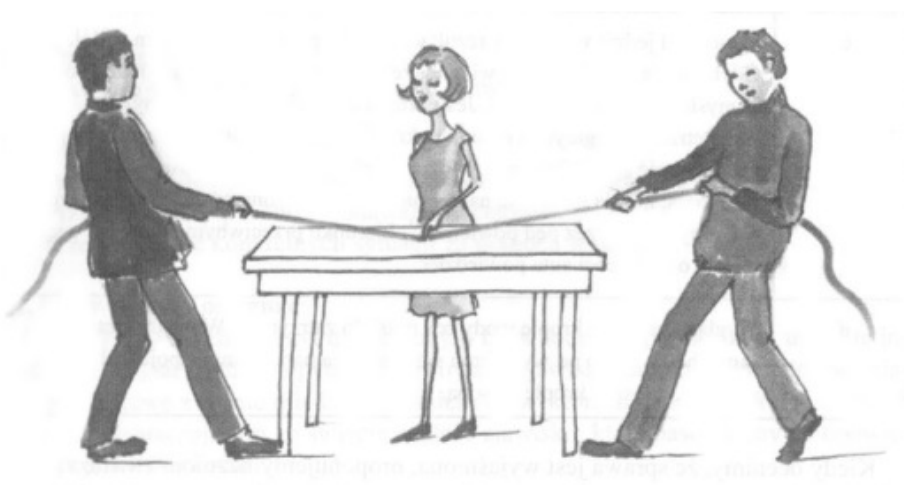


Rys.2.

Przypadki *a*, *b*, *c*, *d* odnoszą się do kropli wewnątrz samochodu. *a''*, *b''*, *c''* i *d''* dotyczą kropli na zewnątrz. Inne (niż tu przedstawione) zachowanie się kropli na zewnątrz niż wewnątrz może być spowodowane podmuchem powietrza np. w kierunku przeciwnym do kierunku jazdy samochodu.

*Uwaga: tę część kursywą zapisaną możemy zignorować gdy mamy do czynienia z klasą dla której jest to zbyt trudne.*

**Zmieniamy temat** i zapraszamy uczniów do wykonania doświadczenia do którego potrzebny nam będzie kawałek sznura lub skakanka. Jeśli dysponujemy większą ilością sznurów, można wykonać doświadczenie w grupach na kilku stołach równocześnie.

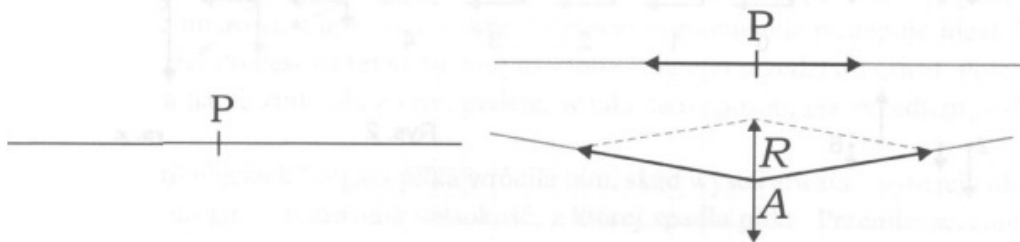


**Doświadczenie:** (15 minut)

Dwóch silnych chłopców prosimy, aby stojąc po obu stronach stołu naprężyli sznur nisko nad stołem. Dziewczyna jednym palcem naciskając środek sznura potrafi dotknąć sznurem do blatu stołu. To robi wrażenie przede wszystkim na tych, którzy naciągając sznur nie są w stanie przeciwstawić się sile ciągnącej ich w stronę stołu.

Można jako ciekawostkę przy tej okazji powiedzieć, że w dawnych czasach (kiedy jeszcze nie było Dawida Copperfielda) podobne doświadczenie wzbudzało podziw tłumów na placach miejskich. Tylko tam nie chłopcy, a kilka koni rozciągało linę, zaś mizernie wyglądające dziecko z tłumy wybrane, przyciskało linę słabą rączką do ziemi. (Doświadczenie z cyklu: siłę można dowolnie pomnażać)

Po wykonaniu doświadczenia rysujemy na tablicy „schemat” doświadczenia i zaznaczamy punkt środkowy P (nic szczególnego, każdy inny punkt też jest dobry, środkowy najwygodniejszy ze względu na symetrię).



Zapraszamy chętnych do uzupełnienia rysunku wektorami sił działających na punkt P. Zwracamy uwagę na fakt, że tak po- jak i przed zadziałaniem koleżanki (siły), w każdym miejscu liny działały dwie siły (lina była naprężona). Przed zadziałaniem koleżanki wypadkowa tych sił w miejscu P (jak i w każdym innym) była równa zero. Teraz kiedy te dwie siły tworzą kąt różny od  $180^\circ$ , to ich wypadkowa musi być różna od zera. I właśnie tę wypadkową siłę koleżanka „sprowokowała” (**Reakcja**) i zrównoważyła naciskiem palca (**Akcja**).

Na rysunku powinny być widoczne cztery wektory dwa odnoszące się do napięcia liny, trzeci do siły nacisku (**A**). Trzy działają na linę w punkcie **P**. Czwarty wektor, to siła która działa nie na sznur a na palec dziewczynki (reakcja), tutaj warto przypomnieć uczniom teść trzeciej zasady dynamiki.

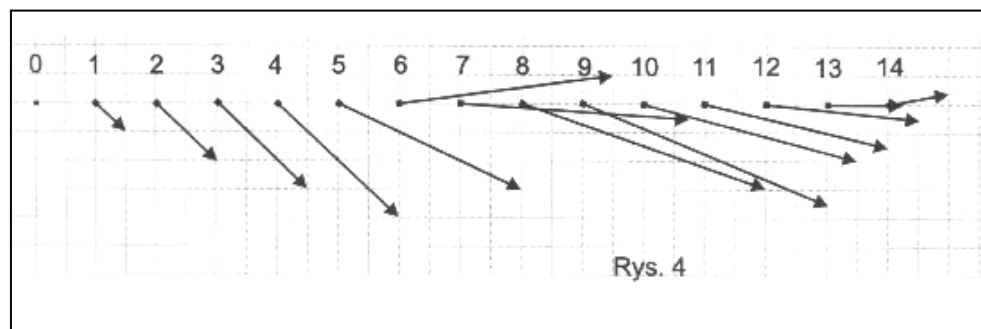
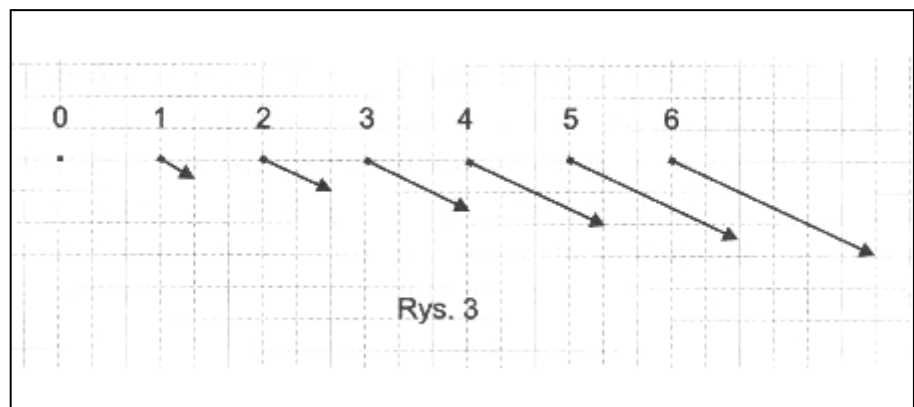
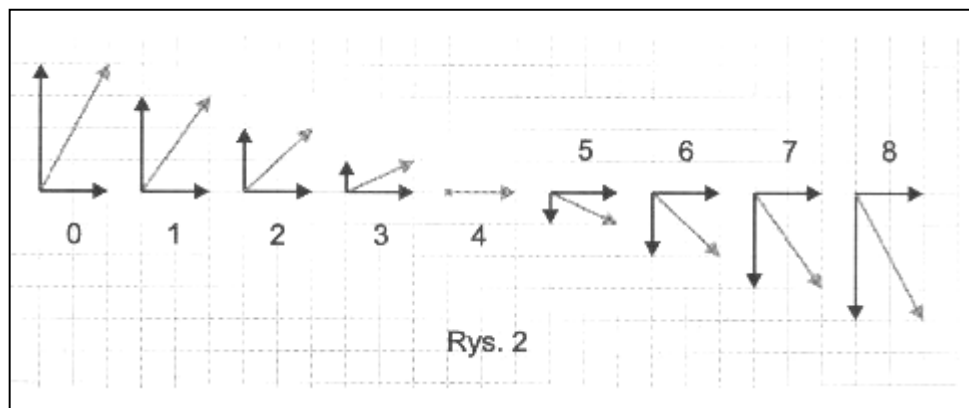
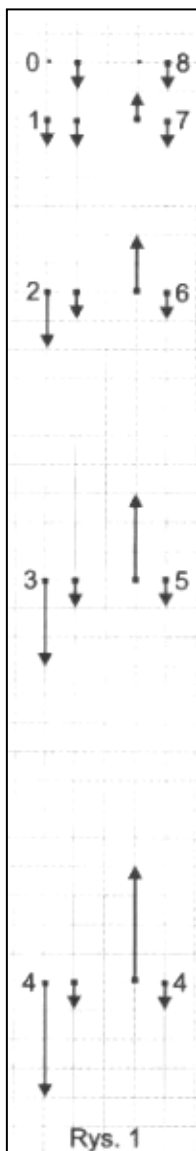
Teraz mamy okazję podyskutować o różnicy między działaniem na liczbach – skalarach i wektorach. Tutaj wyraźnie widać, że wynik dodawania może być znacznie mniejszy niż każdy ze składników sumy.

Te trzy wektory dodane do siebie dają wektor zerowy. Podobną sytuację do pokazanej w tym doświadczeniu zna każdy muzyk grający na gitarze, skrzypcach czy wiolonczeli. Bardzo mocno napięte struny przyciska do szyjki instrumentu puszkciem palca. Puszkciem palca wydłuża napięty stalowy drut!

Ten mały wektor siły  $R$  to jak w wahadle sprężynowym wektor siły kierującej (tej proporcjonalnej do wychylenia i przeciwie do wychylenia skierowanej) odpowiedzialnej za drganie struny, za piękną nieraz muzykę! Zwróćmy na to uwagę uczniom - może w swoich ulubionych zespołach zobaczą ile te zespoły w swojej dźwięczącej działalności zawdzięczają fizyce.

**Na pozostałe 15 minut mamy inną propozycję:**

Wcześniej przygotowane kopie „historyjek wektorowych”, rozdajemy uczniom informując równocześnie, że ostatnie 5 minut lekcji poświęcimy na test dotyczący przedstawiania różnych sytuacji przy pomocy wektorów. Oto „historyjki”.



Przeanalizujmy z uczniami pierwszą sytuację. Odpowiedzi ze strony klasy powinny być zawsze mile widziane.

Oto jedna z propozycji:

Mamy tu pięć wyraźnie zaznaczonych poziomów.

Liczby obok mogą przedstawiać kolejne jednostki czasu.

Ktoś upuścił piłkę.

Spada swobodnie pionowo.

Ten rosnący wektor to wektor prędkości – prędkość bowiem rośnie miarowo z upływem czasu.

W pewnym momencie (chwila 4) następuje idealnie sprężyste odbicie. Nie przyznano żadnego czasu trwania tego odbicia.

Potem prędkość, która nagle zmieniła zwrot tak samo maleje, jak przedtem rosła

W ósmym "tyknięciu" zegara piłka znalazła się tam skąd wystartowała – sytuacja idealna.

Przebyta droga? – dwie wysokości.

Przemieszczenie? zero

A co oznacza ten mały wektor zawsze taki sam? To oczywiście może być przyspieszenie grawitacyjne, a może też oznaczać siłę ciężkości piłki. Te wielkości są stale w dół skierowane, są wektorami, i na tak niewielkiej przestrzeni nie ulegają zmianie.

Długa to była historyjka ale chyba pouczająca.

Proponujemy uczniom by w domu nadali własną interpretację fizyczną jednemu z trzech pozostałych rysunków.

Możemy zasugerować takie pytanie: Gdyby któryś z rysunków dotyczył skoczka narciarskiego od momentu startu do zatrzymania się na podjeździe, to który to mógłby być rysunek? Gdzie oznaczyłbyś chwilę, w której skoczek narciarski dotyka zbocza przy lądowaniu?

Na podsumowaniu lekcji z wysondowaniem, czy się podobało i co nowego klasa się dowiedziała można by lekcję zakończyć.

Jeśli pozostanie czas na spełnienie „obietnicy” to warto przeprowadzić krótki test, aby sprawdzić jak uczniowie reagują na nowe sytuacje.

### **Test (5 minut)**

1. Masz przed sobą Rysunek 1, który analizowaliśmy przed chwilą. (Nie potrzebujesz przypominać sobie żadnych wzorów!) Niech liczby porządkowe od 0 do 8 oznaczają czas w sekundach. Jeśli wiesz dodatkowo, że wektor prędkości odpowiadający czasowi 2s posiada wartość 20m/s to jaką prędkość posiadała piłka w chwili gdy minęło 5 i pół sekundy od startu?

1a. Przyjmując dane z poprzedniego zadania narysuj na osobnej kartce kratkowanego papieru wektory przemieszczenia dla każdej z zaznaczonych chwil. Załóżmy, że 0.5cm (jedna kratka) odpowiada długości 5 m.

Gdyby zabrakło czasu na następne zadanie, to proponujemy poświęcić 5 minut następnej lekcji na test „na rozgrzewkę”.

2. Rysunek przedstawia człowieka, który stara się podnieść ciężką walizkę

Ciągnie w górę, ale wyraźnie jest za słaby by ją unieść.

Magiczny aparat fotograficzny zrobił zdjęcie w chwili, gdy człowiek się wyężył i utrwalił w postaci wektorów, wszystkie **siły działające na walizkę**

Narysuj prostokąt przedstawiający walizkę i wektory, które pokazane zostały na magicznym zdjęciu ponumeruj je i nazwij każdy z tych wektorów.



**Uwaga:** Proponujemy aby takie krótkie testy jak ten z walizką uczniowie rozwiązywali w parach – jeśli siedzą dwójkami. Daje to możliwość do dyskusji, wymiany opinii i argumentów, dochodzenia do wspólnych uzgodnień. Wówczas uczniowie wręczają jedno rozwiązanie z dwoma podpisami. Jeśli nie dojdą do porozumienia, wręczają osobno swoje podpisane propozycje rozwiązań.

---

---

### Odpowiadamy na pytania z lekcji:

Odpowiedzi do historyjek z wektorami

Rys 2. Rzut ukośny w idealnych lub zbliżonych warunkach. Np. żonglowanie ciężkimi piłeczkami. Zaznaczone tu są składowe prędkości (czarne) i prędkość wypadkowa (szara), w jednakowych odstępach czasu, bez pokazania przestrzennego kształtu toru (paraboli).

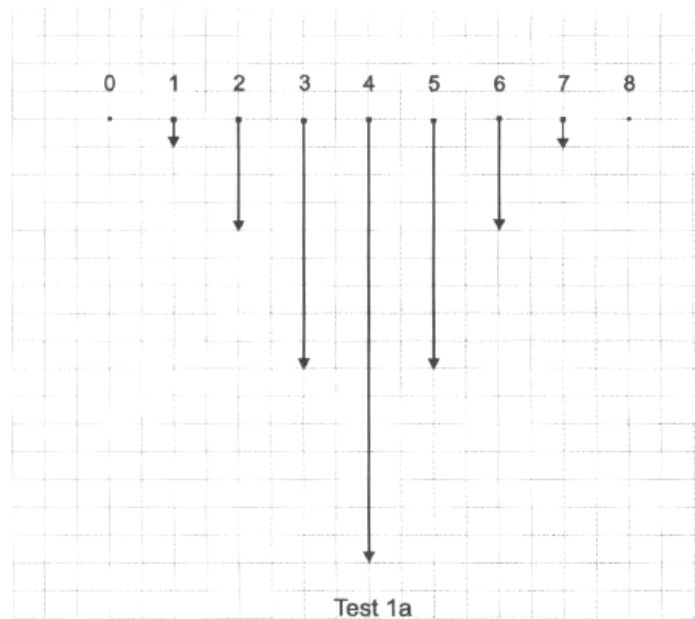
Rys 3. Prędkość np. podczas jazdy na saneczkach ze stoku. Zjeżdżanie po równi pochyłej ze stałym przyspieszeniem.

Rys 4. Prędkość Adama Małysza na skoczni – najpierw tak jak na rys 3, równia pochyła (do p4), między 5 i 6 musiało nastąpić wybiecie z progu, w chwili 7 osiągnięcie najwyższego punktu lotu, między 9 i 10 musiało nastąpić zetknięcie ze stokiem, potem jeszcze chwila zwiększania prędkości a od 10 zaczęło się już hamowanie, widać też w p 14, że w zatrzymaniu się pomógł też lekki podjazd.

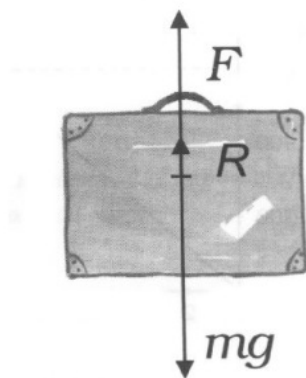
### Odpowiedzi do zadań testowych

1. 5 i pół sekundy od startu prędkość piłki wynosiła  $-25$  m/s (minus oznaczać ma przeciwny zwrot niż w podanej w zadaniu prędkości w drugiej sekundzie)

1a. Zwracamy uwagę, że wektory przemieszczenia będą rosły, w stosunku  $1 : 4 : 9 : 16$  i w taki sam sposób będą malały do zera.



3.



Trzy siły  $mg$ ,  $R$ ,  $F$ , to kolejno: siła grawitacji ciągnąca walizkę ku Ziemi, siła reakcji podłogi (mniejsza niż  $mg$  ponieważ ktoś ciągnie walizkę do góry siłą  $F$ ). Te trzy siły powinny działać wzdłuż jednej prostej.  $F$  i  $R$  są tutaj dowolnie wielkie, byle każda była mniejsza niż  $mg$  oraz by był spełniony warunek:

$$F + R + mg = 0$$