



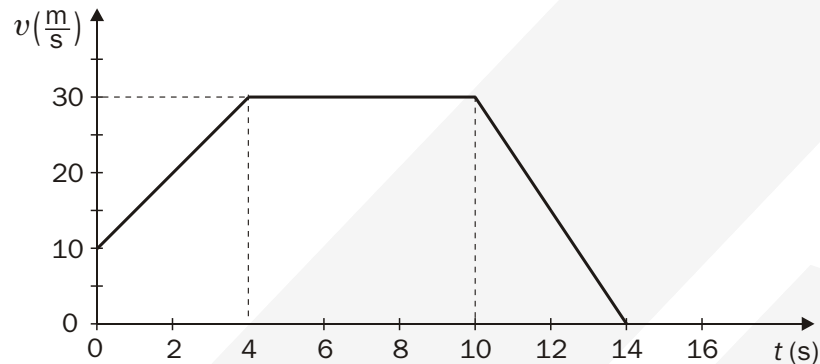
Primum non nocere

Barbara Sagnowska

Jesienią ubiegłego roku jedno z kuratoriów ogłosiło konkurs fizyczny. W pierwszym etapie konkursu znalazło się zadanie, które wymaga przedyskutowania.

Oto jego treść:

Dany jest wykres szybkości ciała o masie 1 kg. Wykonaj wykres ukazujący, jak zmienia się w czasie siła działająca na to ciało. Jakie rodzaje ruchu przypiszesz temu ciału?



Rys. 1

Z tematu zadania nie wynika czy jest to ruch prostoliniowy. Jeśli nie, to w czasie jego trwania zmieniają się wszystkie cechy siły: wartość, kierunek i zwrot. Jeśli ruch jest prostoliniowy to w przypadku, gdy odbywa się stale w tę samą stronę, zmienia się wartość siły i jej zwrot. Jeśli jednak ciało po 10 sekundach ruchu zawróciło, to podczas całego ruchu zmieniała się tylko wartość siły.

Do zadań dołączono klucz odpowiedzi.

Oto, zdaniem autorów prawidłowe rozwiązanie tego zadania:

Dane:

$$m = 1 \text{ kg}$$

Szukane:

$$F_I, F_{II}, F_{III}$$

Rozwiązanie:

I część wykresu – ruch jednostajnie przyspieszony z czasie t_1 (0 s; 4 s). Obliczam przyspieszenie:

$$a_I = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30 - 10}{4 - 0} \left[\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} \right] = 5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad \mathbf{1 \text{ p}}$$

Za poprawny wykres – 2 p

Korzystając z II zasady dynamiki $F = m \cdot a \Rightarrow F_I = m \cdot a$



$$F_I = 1 \cdot 5 \left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = 5 [\text{N}]$$

1 p

II część wykresu – ruch jednostajny prostoliniowy w czasie t_2 (4 s; 10 s)

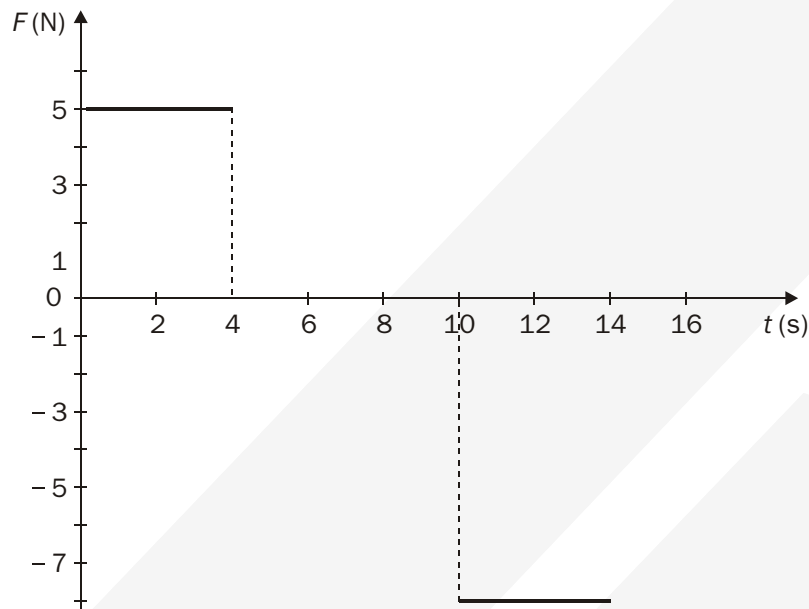
$a = 0$ stąd wynika $F_{\text{wyp}} = 0$

1 p

III część wykresu – ruch jednostajnie opóźniony w czasie t_3 (10 s; 14 s)

$$a_{III} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{14 - 10} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = -7,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1 p



Rys. 2

Siła F_{III} jest siłą hamującą ciała

$$F_{III} = m \cdot a_{III} = 1 \cdot (-7,5) \left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = -7,5 [\text{N}].$$

W czym problem?

Nauczanie fizyki w gimnazjum stanowi istotną podstawę do kontynuowania nauki tego przedmiotu w szkole ponadgimnazjalnej. Wiedza wyniesiona z gimnazjum ma być tam pogłębianą, uzupełnianą i poszerzania. Niedopuszczalna jest sytuacja, w której nauczyciel liceum musiałby podważyć poprawność tego, czego uczeń nauczył się w gimnazjum.

Rozwiązywanie zadań takich, jak wyżej zacytowane, musi niestety prowadzić do takiej sytuacji.

Chodzi o sporządzanie wykresów wielkości wektorowych.

Od poziomu liceum wzwyż, niezależnie od realizowanej koncepcji nauczania i używanego nazewnictwa sporządzanie wykresu wielkości wektorowej, np. zależności położenia, prędkości lub przyspieszenia od czasu trwania ruchu, to sporządzanie wykresu współrzędnej wektora.



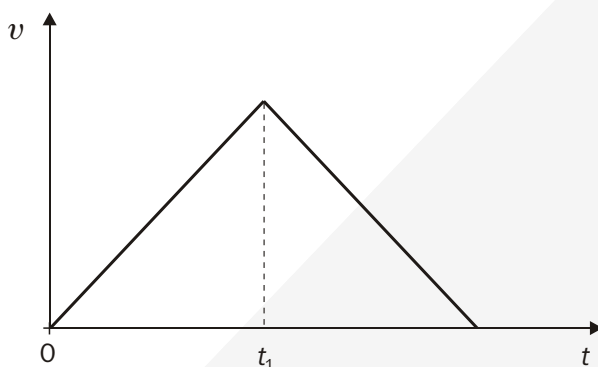
Tymczasem uczeń gimnazjum takiego pojęcia nie poznaje, jest ono za trudne. Dowiaduje się (i to na ogół jedynie na lekcjach fizyki) co najwyżej o tym, że wektor ma wartość, kierunek i zwrot.

Sporządzane w gimnazjum wykresy wielkości wektorowych to wykresy zależności wartości wektora, np. od czasu.

Rzecz w tym, że w ogólności, np. na podstawie wykresu zależności szybkości, czyli wartości prędkości od czasu nie można poprawnie sporządzić wykresu **zależności przyspieszenia** od czasu rozumianej tak, jak rozumie ją nauczyciel liceum, czyli zależności współrzędnej przyspieszenia od czasu.

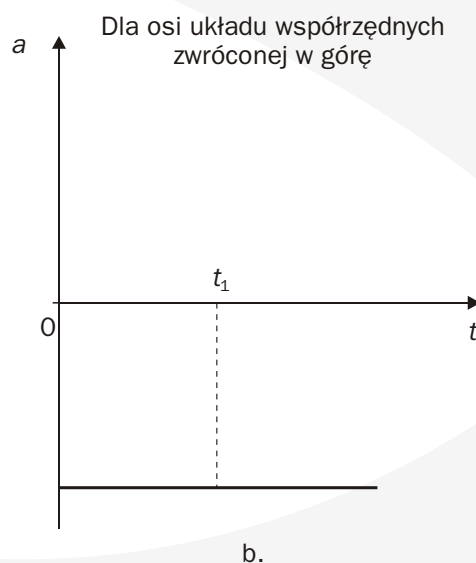
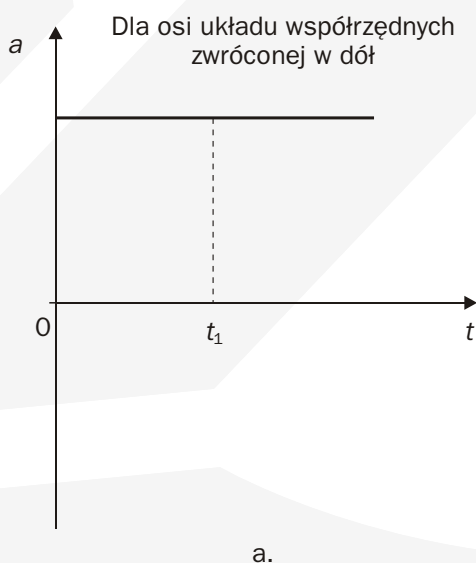
Oto przykład:

Wyobraźmy sobie np. wykres zależności szybkości od czasu, jak na rysunku 3.



Rys. 3

Może to być wykres sporządzony dla piłki spadającej i odbijającej się od ziemi lub dla przyspieszającego, a następnie hamującego samochodu. W pierwszym przypadku wykres zależności $a(t)$ ma postać jak na rysunku 4a lub 4b i tak samo wygląda wykres $F(t)$.



Rys. 4



Podczas takiego ruchu znak współrzędnej przyspieszenia nie ulega zmianie niezależnie od tego, czy piłka spada ruchem przyspieszonym, czy wznosi się ruchem opóźnionym. Zależy jedynie od wyboru zwrotu osi układu współrzędnych, w którym opisujemy ruch. Znak ten może być dodatni lub ujemny.

W przypadku samochodu wykres współrzędnej przyspieszenia od czasu będzie częściowo nad osią x , a częściowo pod osią.

W temacie zadania konkursowego nie powiedziano, o jaki przypadek ruchu chodzi. Zapewne autorzy mieli na myśli ruch stale w tę samą stronę. Ale uczeń tego nie wie i zastosowany w tym zadaniu (i zapewne wyuczony na lekcjach fizyki) sposób postępowania **będzie stosował do wszystkich przypadków!**

Sposób rozwiązania zadania, który doprowadza do sporządzenia tego wykresu wzbudza wielki niepokój. Sugeruje się w nim, że wartość wektora może być ujemna, oraz że w pierwszej części wykresu przyspieszenie jest dodatnie, bo ciało porusza się ruchem przyspieszonym, a w trzeciej ujemne, bo ciało wykonuje ruch opóźniony.

TE STWIERDZENIA SĄ BŁĘDNE i co gorsza niezwykle zapadające uczniom w pamięć. Nauczyciel liceum musi niejednokrotnie włożyć wiele wysiłku, by je usunąć z pamięci ucznia.

Za stwierdzenie, że wartość wektora może być ujemna na lekcji matematyki w liceum grozi uczniowi otrzymanie jedynki.

Absurdalność proponowanego rozwiązania, w którym wartość przyspieszenia oblicza się jako iloraz różnicy końcowej i początkowej szybkości ciała przez czas trwania ruchu najlepiej widać, gdy zastosujemy je do ruchu wahadła (rys.5).



Rys. 5

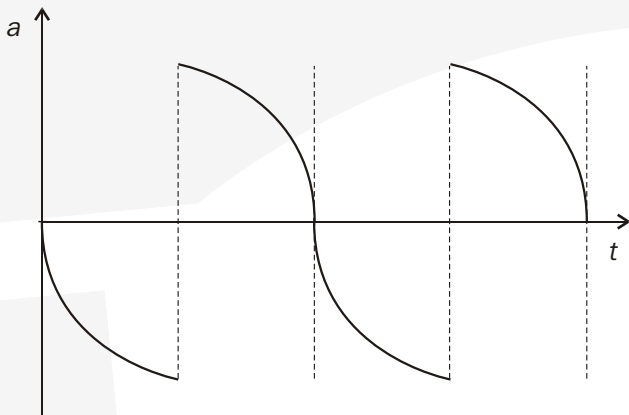
$$\text{I. } a_I = \frac{0 - v}{\Delta t} < 0,$$

$$\text{II. } a_{II} = \frac{v - 0}{\Delta t} > 0,$$

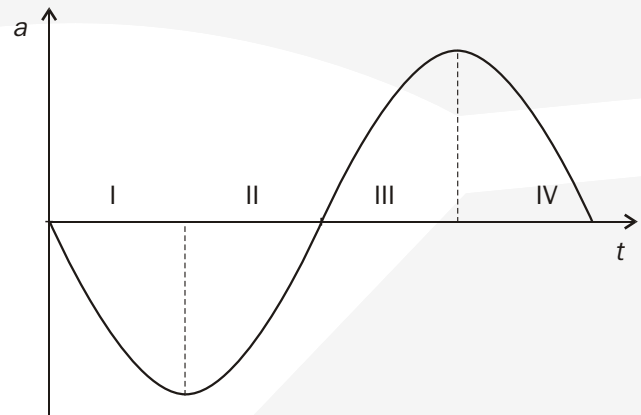
$$\text{III. } a_{III} = \frac{0 - v}{\Delta t} < 0,$$

$$\text{IV. } a_{IV} = \frac{v - 0}{\Delta t} > 0.$$

Wykres średnich przyspieszeń w poszczególnych ćwiartkach okresu, po zastosowaniu powyższego rozumowania, musiałby mieć postać jak na rysunku 6, podczas gdy w rzeczywistości jest zupełnie inny (rys.7), co łatwo sprawdzić w dowolnie wybranym podręczniku fizyki.



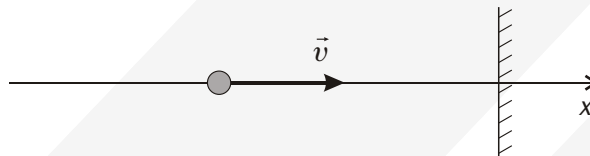
Rys. 6



Rys. 7

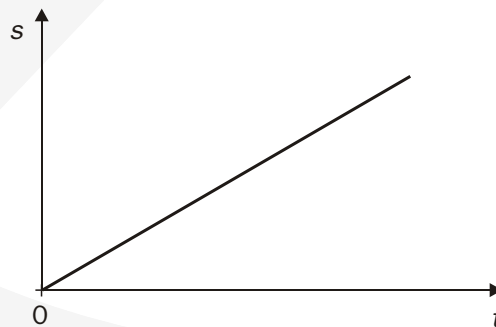
Jak już wspomniano, także na podstawie wykresu zależności drogi od czasu nie można sporządzić wykresu zależności prędkości od czasu. Oto przykład.

Wyobraźmy sobie piłkę tenisową, która poruszając się ruchem jednostajnym odbija się od ściany i powraca po tym samym torze, także ruchem jednostajnym (rys. 8).



Rys. 8

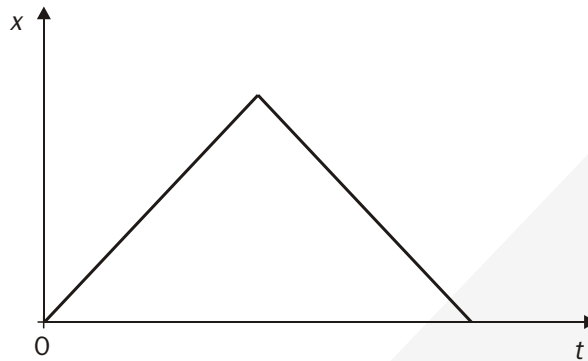
Wykres zależności drogi od czasu w tym przypadku przedstawia rysunek 9.



Rys. 9

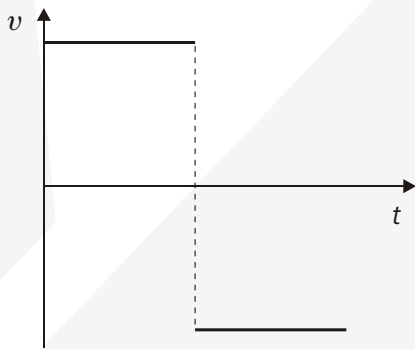


Z tego wykresu nie jesteśmy w stanie odróżnić, czy piłka poruszała się stale w tę samą stronę, czy też jej prędkość w pewnej chwili zmieniła zwrot. Dlatego na podstawie znajomości samego wykresu $s(t)$ nie sporządzimy poprawnego wykresu $v(t)$. Możemy to zrobić jedynie na podstawie wykresu zależności współrzędnej położenia od czasu (rys. 10).

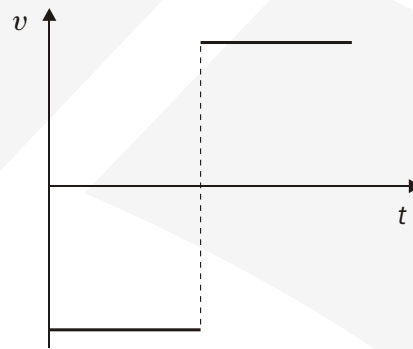


Rys. 10

W zależności od wyboru zwrotu osi x , wykres będzie miał postać jak na rysunkach 11. i 12.



Rys. 11



Rys. 12

Czy to oznacza, że w gimnazjum uczniowie nie powinni sporządzać wykresów zależności drogi od czasu, szybkości od czasu i wartości przyspieszenia od czasu?

Mogą i powinni je sporządzać, ale tylko dla takich ruchów dla których wykres ma identyczną postać jak wykres zależności współrzędnej od czasu. Odpowiednia informacja dotycząca poszczególnych przypadków powinna być zawarta w temacie zadania. Powinien on brzmieć np. „Wykres przedstawia zależność $v(t)$ dla samochodu poruszającego się po prostym odcinku autostrady ...”

Wtedy uczeń kojarzyłby wykres z rodzajem opisywanego ruchu. Nie może być tak, że uczeń sam sobie „podkłada” pod tekst zadania jakąś konkretną sytuację i w zależności od tego jaką wybrał, poprawne jest inne rozwiązanie.



W omawianym zadaniu konkursowym uczeń nie kojarzy wykresu z żadnym konkretnym ruchem. Bezmyślnie wykonuje rachunki i uzyskuje wynik, którego nie rozumie, bo na tym poziomie nie ma wystarczającej wiedzy.

Rozwiązywanie takich zadań nie ma więc nic wspólnego z rozumnym opisywaniem zjawisk otaczającego świata. Jest szkodliwe, bo utrwała w umyśle ucznia błędne wyobrażenia, które będzie mu bardzo trudno usunąć.

Jest to szczególnie nie w porządku w stosunku do uczniów biorących udział w konkursie. To przecież uczniowie, którzy chcą się nauczyć fizyki. Nie utrudniajmy im tego!

Czy ktoś z zatwierdzających to zadanie na konkurs widział kiedyś np. zadanie maturalne w którym wartość wektora byłaby ujemna? Czy takie zadanie pojawiło się na egzaminie gimnazjalnym?

Wiedza zdobywana na lekcjach musi być niezawodna. Jeśli czegoś nie możemy opisać tak, by ten opis nie budził żadnych wątpliwości, nie mówmy o tym wcale.

Mając to na uwadze autorzy podręczników gimnazjalnych Wydawnictwa ZamKor np. nie wprowadzają opisu ilościowego ruchu jednostajnie opóźnionego. Dzięki temu uczeń będzie bez obciążeń mógł w liceum sporządzać wykresy i nie narysuje bezmyślnie wykresu, na którym przebyta droga maleje z upływem czasu, a np. do wzoru na drogę w ruchu jednostajnie opóźnionym

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

nie będzie wpisywał ujemnej wartości przyspieszenia.

Zamiast tego proponuje się zadania które „podprowadzają” ucznia do poprawnego zrozumienia w przyszłości trudnego opisu ruchów.