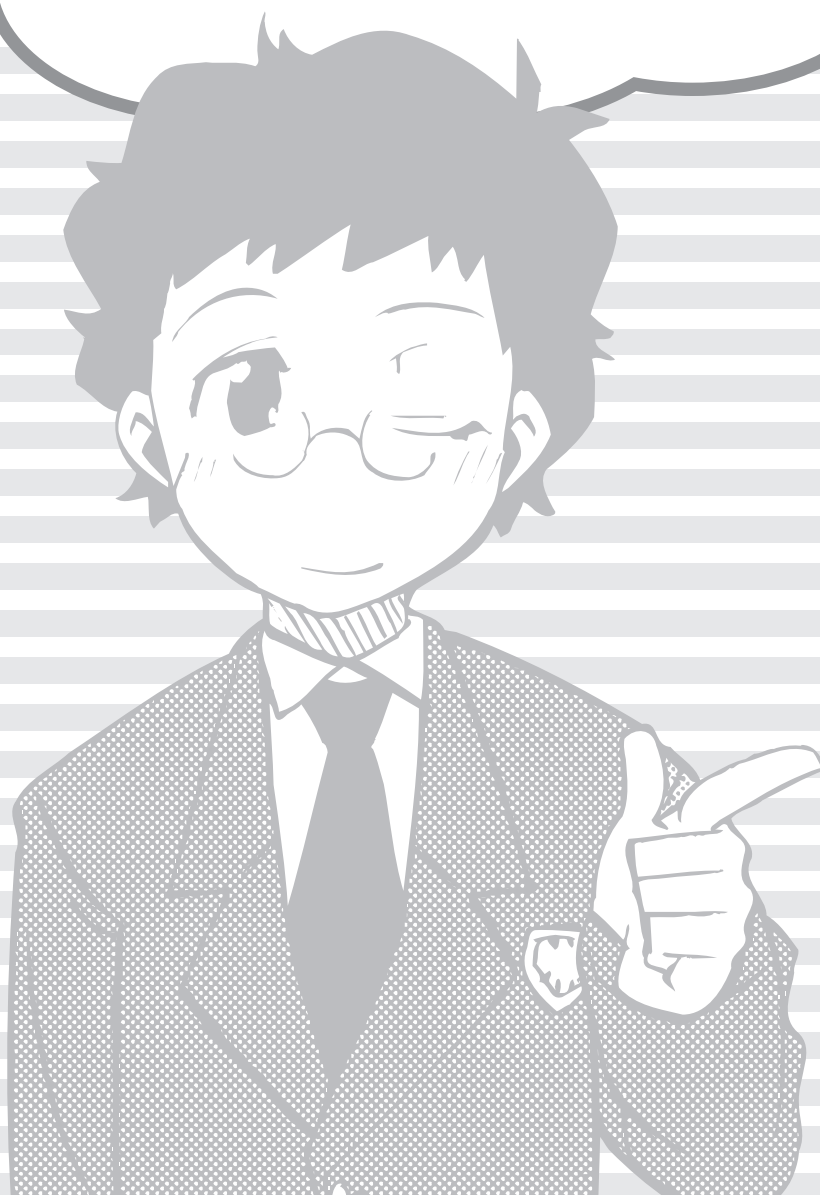




SILA I RUCH



PRĘDKOŚĆ I PRZYSPIESZENIE

RUCH JEDNOSTAJNY



ZANIM BĘDZIEMY
MOGLI ZROZUMIEĆ
ZASADY RUCHU, MUSIMY
WIEDZIEĆ, CZYM SĄ PRĘD-
KOŚĆ I PRZYSPIESZENIE.
NAJPIERW POMÓWMY
O PRĘDKOŚCI. ABY
ZROZUMIEĆ TO
POJĘCIE,



TRZEBA WYOBRAZIĆ
SOBIE OBIEKT,
KTÓRY PORUSZA SIĘ
PROSTO ZE STAŁĄ
SZYBKOŚCIĄ.

HMM

NIECH POMYŚLĘ...
CZYLI JEST
TO TAK ZWANY
RUCH
JEDNOSTAJNY?

DOKŁADNIE!
SZYBKOŚĆ W RUCHU
JEDNOSTAJNYM
MOŻNA WYRAZIĆ
NASTĘPUJĄCO:

$$\text{SZYBKOŚĆ} = \frac{\text{ODLEGŁOŚĆ}}{\text{CZAS}}$$

AHA
TO PROSTE.

JEDNAK GDY MOJA
SZYBKOŚĆ JEST TAKA
SAMA, MÓJ PUNKT DOCE-
LOWY MOŻE BYĆ INNY,
JEŚLI PORUSZAM SIĘ
W INNYM KIERUNKU.

ZATEM, ABY WZIĄĆ
RÓWNIEŻ POD UWAGĘ
KIERUNEK, MOŻEMY
W POPRZEDNIM
RÓWNANIU ZASTĄPIĆ
SZYBKOŚĆ PRĘDKOŚCIĄ,
A ODLEGŁOŚĆ
PRZEMIESZCZENIEM.

$$\text{PRĘDKOŚĆ} = \frac{\text{PRZEMIESZCZENIE}}{\text{CZAS}}$$

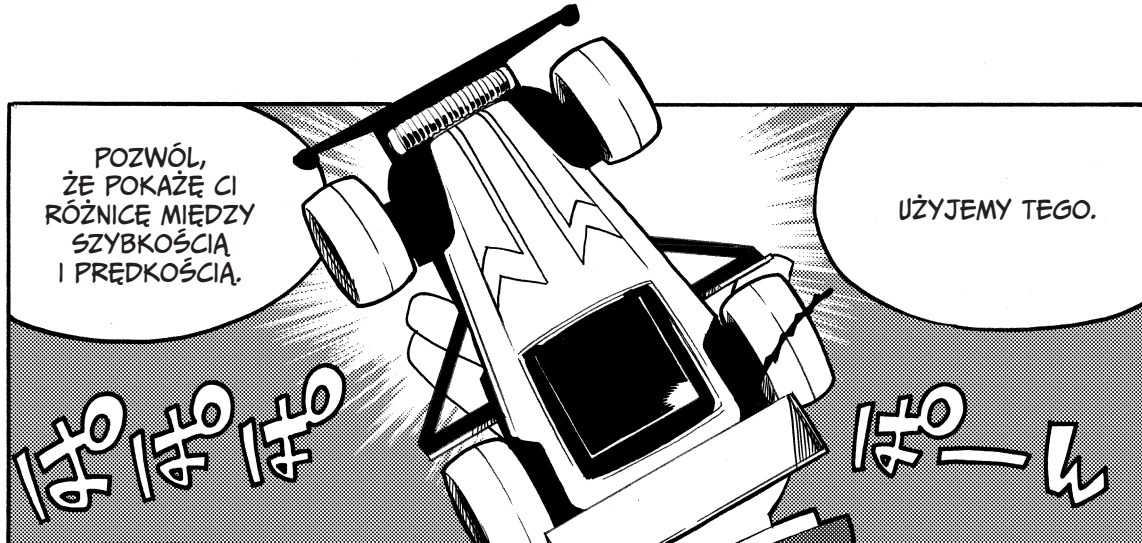
PEWNIENIE...
ALE CZEKAJ!

WSTRZYMAJ SIĘ.

MAM PYTANIE!

CZY SZYBKOŚĆ
I PRĘDKOŚĆ TO
NAPRAWDĘ DWIE
RÓŻNE RZECZY?

CHE-CHE!
CHYBA DAŁAŚ
SIĘ ZŁAPAĆ.



POZWÓL,
ŻE POKAŻĘ CI
RÓŻNICĘ MIĘDZY
SZYBKościĄ
I PRĘDKościĄ.

UŻYJEMY TEGO.



...TY, NONOMURA-
KUN... ZABIERASZ TE
WSZYSTKIE RZECZY
DO SZKOŁY.

TEN
SAMOCHÓD
JEST, NO...

POUCZAJĄCY!
WIESZ, TO TYLKO
NARZĘDZIE
DO NAUKI.

HMMM



NO WIĘC... TEN
ZDALNIE STEROWANY
SAMOCHÓD MOŻNA
ZAPROGRAMOWAĆ TAK,
ABY PORUSZAŁ SIĘ
W RÓŻNY SPOSÓB.

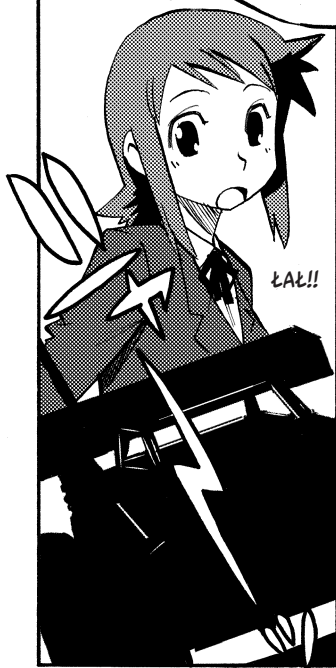
NAPRAWDĘ?
TO WYŻSZA
TECHNIKA.



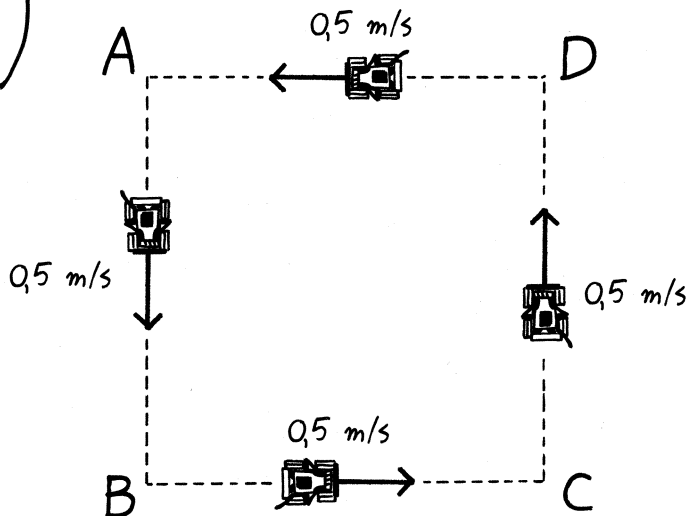
TERAZ JEST
USTAWIONY NA SZYBKÓŚĆ
50 CM NA SEKUNDĘ
(LUB 0,5 M/S) PORUSZA
SIĘ PO KWADRATOWYM
TORZE.

TERAZ SOBIE
POJĘDZIMY.

Z LOTU PTAKA
TO WYGLĄDA TAK.



ŁAŁ!!



PRZY STAŁEJ
Szybkości
SAMOCHÓD PORUSZA
SIĘ W RÓŻNYCH
KIERUNKACH.

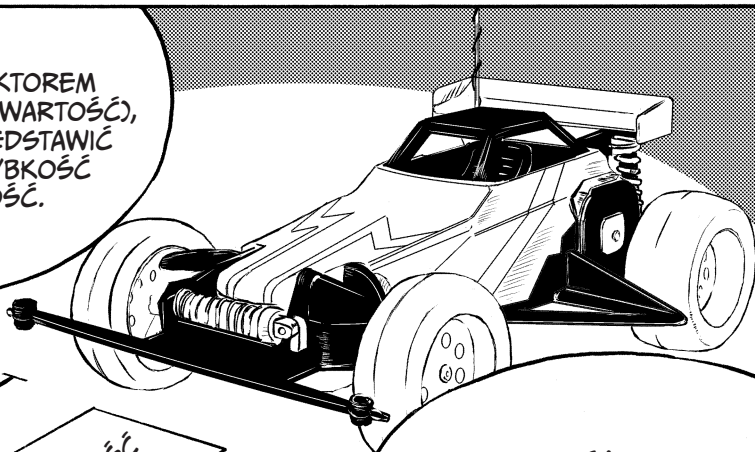
JEDNOSTKA Szybkości: M/S
(METR NA SEKUNDĘ)
JEDNOSTKA ODLEGŁOŚCI: M (METR)
JEDNOSTKA CZASU: S (SEKUNDA)

PREDKOŚĆ JEST WEKTOREM
(MA KIERUNEK, ZWROT I WARTOŚĆ),
MOŻNA JĄ ZATEM PRZEDSTAWIĆ
JAKO STRZAŁKĘ. Szybkość
MA TYLKO WARTOŚĆ.

DŁUGOŚĆ STRZAŁKI
JEST WARTOŚCIĄ
PREDKOŚCI OBIEKTU
(Szybkością).

STRZAŁKA WSKAZUJE
KIERUNEK I ZWROT
WEKTORA.

PREDKOŚĆ



GDY PODRÓŻUJEMY
PO BOKACH AB I CD
NA SCHEMACIE, Szybkość
SAMOCHODU JEST TAKA SAMA,
ALE JEGO PREDKOŚĆ JEST
PRZECIWNĄ. WIDZISZ?

PRZYSPIESZENIE

ZMIENMY USTAWIENIA
TAK, ABY PRĘDKOŚĆ
STOPNIOWO ZWIĘKszaŁA
SIĘ DO 0,5 M/S.

WZROST PRĘDKOŚCI
W CZASIE NAZYWAMY
PRZYSPIESZENIEM
I MOŻEMY JE OBLICZYĆ
ZA POMOCĄ PONIŻSZEGO
RÓWNIANIA:

$$\text{PRZYSPIESZENIE} = \frac{\text{ZMIANA PRĘDKOŚCI}}{\text{CZAS}}$$

NO TAK.

JEDNOSTKA PRZYSPIESZENIA SĄ METRY NA SEKUNDĘ KWADRAT, CO ZAPISUJEMY JAKO M/S^2 . TO POKAZUJE, JAK PRĘDKOŚĆ (M/S) ROŚNIE W CIĄGU SEKUNDY.

WIĘC DZIELIMY
ZMIANĘ
PRĘDKOŚCI
PRZECZ CZAS.

TAK. JEŚLI
PRĘDKOŚĆ
POZOSTAJE STAŁA,
NIE MA ZMIANY, WIĘC
PRZYSPIESZENIE
JEST ZEROWE.

GDY PRĘDKOŚĆ
ROŚNIE, PRZYSPIESZENIE
MA ZNAK DODATNI. NATO-
MIAST GDY MAŁEJE, CZYLI
RUCH STAJE SIĘ WOLNIEJ-
SZY, PRZYSPIESZENIE
MA ZNAK UJEMNY.

PRZYSPIESZENIE
MA TEŻ WARTOŚCI
UJEMNE?

TAK! MOŻEMY JE
WTEDY NAZWAĆ
OPÓŹNIENIEM.

TRAKTUJ UJEMNE
PRZYSPIESZENIE
JAKO ODPWIEDNIK
ZMNIEJSZENIA
PRĘDKOŚCI
W CZASIE.

RUCH ZE STAŁYM WZROSTEM
PRĘDKOŚCI NAZYWAMY
RUCHEM JEDNOSTAJNIE
PRZYSPIESZONYM.

PRĘDKOŚĆ

A TWÓJ SAMOCHÓD
MOŻE TO ZROBIĆ
ZA POMOCĄ
ODPOWIEDNIEGO
PROGRAMU?

ZARAZ...
JESTEŚMY
ZÓŁWIEM
I ZAJA-
CEM...?

POWOLI I SPOKOJNIE
WYGRYWA WYŚCIG!

HEJ! W JAKI
SPOSÓB ZASZEDŁEŚ
TAK DALEKO.



O, TAK, MÓJ SAMOCHÓD TO POTRAFI. TERAZ OBLICZYMY PRZYSPIESZENIE SAMOCHODU ZA POMOCĄ WZORU.

NO TO RUSZAMY!



NIECH SPOJRZĘ... SAMOCHÓD ZDALNIE STEROWANY ZWIĘKSZA PRĘDKOŚĆ OD ZERA DO 0,5 M/S W CIĄGU 4 SEKUND.

WZÓR:

PRZYSPIESZENIE = $\frac{\text{ZMIANA PRĘDKOŚCI}}{\text{CZAS}}$

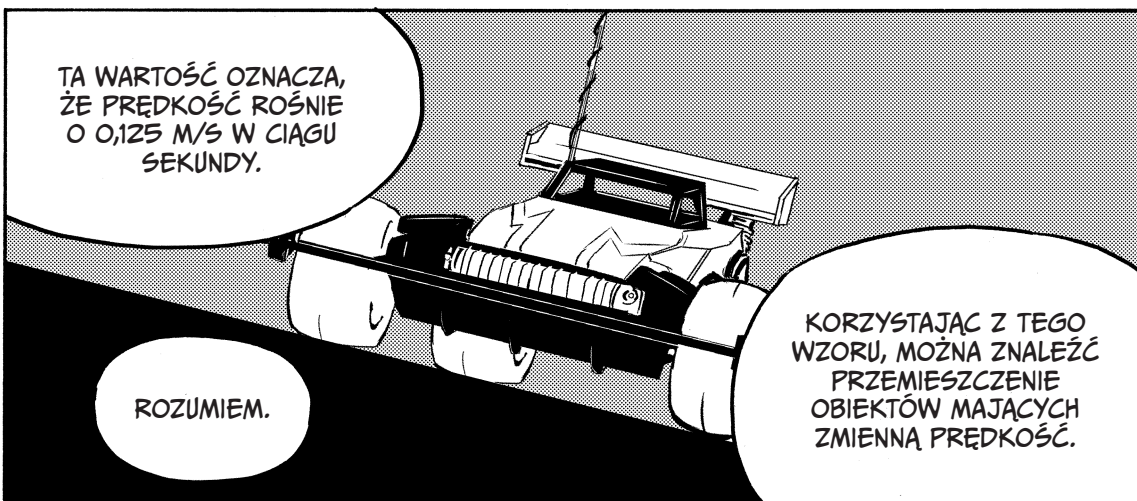
MOŻEMY WPISAĆ TE WARTOŚCI DO WZORU.



ZATEM ZMIANA O 0,5 M/S W CIĄGU 4 S TO 0,125 M/S²! CZY TO PRAWDA?

DOKŁADNIE!

POWINNAŚ BYĆ BARDZIEJ PEWNA SIEBIE.



TA WARTOŚĆ OZNACZA, ŻE PRĘDKOŚĆ ROŚNIE O 0,125 M/S W CIĄGU SEKUNDY.

ROZUMIEM.

KORZYSTAJĄC Z TEGO WZORU, MOŻNA ZNALEZĆ PRZEMIESZCZENIE OBIEKTÓW MAJĄCYCH ZMIENNĄ PRĘDKOŚĆ.

LABORATORIUM

ZNAJDOWANIE DROGI PRZEBYTEJ ZE ZMIENNĄ PRĘDKOŚCIĄ



Zmienmy ustawienia tak, aby prędkość rosła stale do 0,5 m/s. Oto quiz dla ciebie. Zakładając, że prędkość osiągnęła 0,5 m/s w ciągu czterech sekund, jak daleko pojechał zdalnie sterowany samochód?



Hmm . . . zaczynamy od 0 m/s, a największa prędkość to 0,5 m/s. Więc pozwól, że obliczę, zakładając, że średnia szybkość to 0,25 m/s, $0,25 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 1 \text{ m}$!



To prawda! Jesteś bystra. Ale czy możesz wyjaśnić, jak dostałaś prawidłową odpowiedź przy takich obliczeniach?



Hmm . . . pamiętaj, że uczenie mnie to *twoje* zadanie, Nonomura-kun!



Ha ha, to rzeczywiście prawda. Zanim dam ci wyraźną odpowiedź, pozwól, że ci wyjaśnię, jak obliczyć przebytą odległość przy zmiennej prędkości. Gdy prędkość jest stała, wiemy już, że przebytą odległość można obliczyć za pomocą wzoru (szybkość $\times$ czas). Teraz, zakładając, że d m (metrów) to odległość przebyta w czasie t s (sekund), a stała prędkość wynosi v m/s, wtedy odległość = szybkość $\times$ czas można wyrazić w następujący sposób:

$$d = vt$$

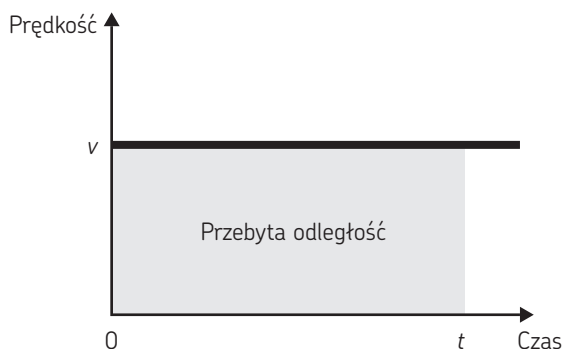


No jasne!





Jeśli narysujemy tę zależność z prędkością na osi pionowej i czasem na osi poziomej, dostaniemy poniższy wykres.



Zacieniowany obszar przedstawia przebytą odległość. Ten wykres jest zwykle nazywany *wykresem zależności prędkości od czasu*. Jest to prostokątny obszar o szerokości t i wysokości v .



Widzę. To trochę dziwne, że pole przedstawia drogę.



Tutaj pole nie jest typowym polem geometrycznym – to jest wykres jak te, które widzieliśmy na lekcjach matematyki. Pole prostokąta można mierzyć w metrach kwadratowych (m^2). Ale w naszym przypadku jednostkami są czas (sekundy) dla osi poziomej oraz prędkość (m/s) dla osi pionowej. Ich iloczyn jest równy $s \cdot m/s = m$. I taka jest jednostka drogi.



Łatwo znaleźć odległość, gdy obiekt porusza się ze stałą szybkością. Ale jak ją obliczyć, gdy szybkość jest zmienna?



Jedynym dostępnym narzędziem jest to równanie:

$$\text{odległość} = \text{szybkość} \times \text{czas}$$



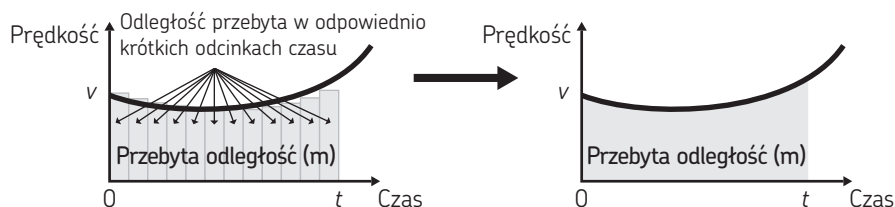
Więc możemy podzielić czas na odcinki, aby utworzyć dużo „małych prostokątów”, a potem odpowiednio obliczyć odległości, zakładając stałą prędkość dla każdego odcinka.



Co masz na myśli?



Spójrz na wykres z lewej strony poniżej.



Możemy więc znaleźć pole każdego cienkiego prostokąta utworzonego przez podział czasu na krótkie odcinki, a potem dodać je, aby znaleźć pokonaną odległość.



Martwi mnie, że te małe prostokąty nie pokrywają się dokładnie z wykresem. Czy one nie wprowadzają błędów?



Rozumiem twój niepokój. Można podzielić te prostokąty na jeszcze mniejsze segmenty. Powtarzając ten podział na coraz mniejsze segmenty, aż wszystko będzie pasować, uzyskamy coraz bardziej dokładną odległość, jak to pokazano na wykresie po prawej stronie.



No, tak myślę. . . gdyby można było to zrobić. . .



Jeśli podzielimy je na nieskończoną liczbę wąskich prostokątów, dowiemy się dokładnie, jak pojazd się poruszał. W końcu wynik, otrzymany ostatecznie przez dzielenie odległości równej szybkości pomnożonej przez czas na krótkie odcinki czasu, jest polem utworzonym pod wykresem zależności prędkości od czasu. W taki sposób możemy obliczyć przebytą drogę, znajdując odpowiednio pola. Podsumowując:

$$\text{przebyta odległość} = \text{pole pod wykresem zależności prędkości od czasu}$$

Po prostu tak.*

* Osoby uczące się analizy matematycznej mogą zauważyć, że proces obliczania pola pod wykresem jest tym samym co *całkowanie*.



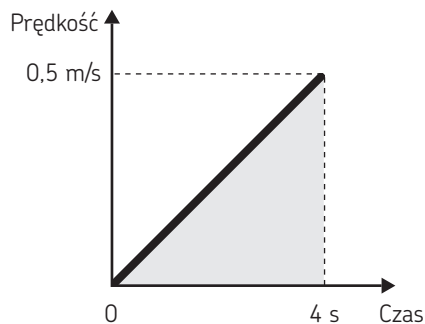
Teraz, pamiętając czego się dotychczas nauczyliśmy, zbadajmy, dlaczego odległość, jaką podałaś intuicyjnie, była właściwą odpowiedzią.



Dobrze!



Nasze początkowe obliczenia są tym samym co obliczanie pola pod wykresem zależności prędkości od czasu. Przykład ze zdalnie sterowanym samochodem można by narysować na wykresie takim jak ten.



Pole pod wykresem, otrzymane ze wzoru na pole trójkąta, jest następujące:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \times \text{podstawa (czas)} \times \text{wysokość (maksymalna prędkość)} = \\ & = \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ s} \cdot 0,5 \text{ m/s} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Jest to przebyta odległość (droga).



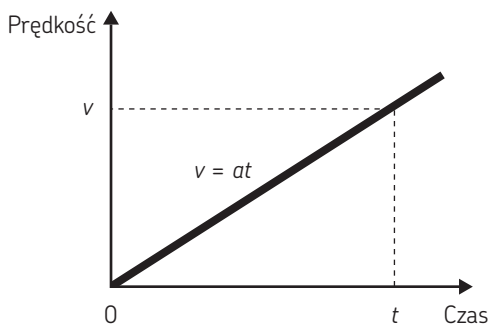
W odpowiedzi otrzymujemy 1 metr, tak jak powinno być.



Zamiast posługiwać się wartościami liczbowymi, znajdziemy ogólne wyrażenie na przebytą odległość. Przyjmując, że prędkość to v , a przyspieszenie to a , zależnością między prędkością a czasem dla stałego przyspieszenia jest $v = at$.



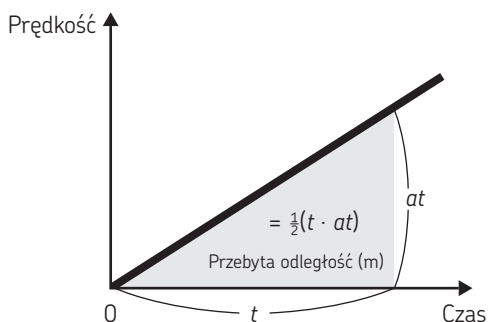
Możemy to narysować na wykresie zależności prędkości od czasu, jak pokazano poniżej.



Założmy, że d jest odległością przebytą w czasie t ; jej wartość powinna być równa polu trójkąta o podstawie t i wysokości at (która jest równa końcowej prędkości obiektu).

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

Widzisz?



Ummmm . . . och, widzę, jak to działa! Wartość, jaką otrzymamy, mnożąc $\frac{1}{2} \cdot 0,125 \text{ m/s}^2 \cdot (4 \text{ s})^2 = 1 \text{ m}$. Tak jak powinno być!



Teraz, Ninomiya-san, możesz także obliczyć odległość pokonywaną w ruchu jednostajnie przyspieszonym nie tylko w sposób intuicyjny, ale właściwą metodą.