

Wyznaczanie prędkości średniej – informacje ogólne dla nauczyciela

Proponowane tutaj doświadczenie nadaje się do wykorzystania na zajęciach na III etapie edukacyjnym i może być przydatne do realizacji punktu 9.2 podstawy programowej: *Uczeń wyznacza prędkość przemieszczania się (np. w czasie marszu, biegu, pływania, jazdy rowerem) za pośrednictwem pomiaru odległości i czasu.*

Ponadto poszczególne elementy doświadczenia mogą być przydatne do realizacji następujących punktów podstawy programowej:

1.1. Uczeń posługuje się pojęciem prędkości do opisu ruchu (...);

8.1. opisuje przebieg i wynik przeprowadzanego doświadczenia, wyjaśnia rolę użytych przyrządów (...);

8.10. posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej;

8.11. zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących);

8.12. planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: czas, długość (...).

Doświadczenie zostało zaprojektowane w taki sposób, aby uczeń mógł je wykonać w miarę samodzielnie, przy użyciu bardzo prostych i ogólnie dostępnych przyrządów (np. stoper w telefonie komórkowym i długa linijka). Zaproponowano je tutaj w dwóch wariantach, z których pierwszy jest możliwy do zrealizowania w trakcie lekcji fizyki, a drugi – np. w czasie wolnym lub w trakcie zajęć sportowych (w uzgodnieniu z prowadzącym).

Rolą nauczyciela jest w obu przypadkach przedyskutowanie z uczniami pomysłów i metod pomiarowych oraz dopilnowanie aby pomiary zostały przeprowadzone sprawnie. W razie problemów lub wątpliwości, nauczyciel powinien służyć uczniom swoją radą przy opracowaniu wyników.

Ponieważ oba warianty doświadczenia są bardzo proste, można wykonać je w trakcie zastępstwa lub jako element urozmaicający zajęcia wychowania fizycznego. Aby ułatwić pracę nauczycielowi, oprócz kart pracy dla uczniów, dołączono do niniejszej instrukcji również materiał pomocniczy dla nauczyciela. Materiał ten zawiera przykładowe odpowiedzi na pytania z kart oraz krótkie komentarze do tych punktów instrukcji, przy których pożądane jest poprowadzenie dyskusji z uczniami.

Zalecany czas wykonania ćwiczenia to jedna jednostka lekcyjna. W zależności od liczebności klasy i możliwości uczniów, nauczyciel może tak poprowadzić lekcję, aby wszystkie punkty instrukcji zostały zrealizowane w trakcie zajęć lub też zadać uczniom część pracy do domu. W przypadku obu wariantów, uczniowie mogą wypełnić jeszcze przed zajęciami część teoretyczną, dotyczącą pomiaru drogi i czasu. Część obliczeniową najlepiej zrealizować w trakcie zajęć, aby było możliwe przedyskutowanie uzyskanych wyników i wyciągnięcie wniosków bezpośrednio po wykonaniu pomiarów.

Wyznaczanie prędkości średniej (wariant I) – karta pracy dla ucznia

W trakcie ćwiczenia dokonamy pomiaru prędkości średniej – wyznaczymy prędkość z jaką koleżanka lub kolega przejdzie klasę idąc stopa za stopą.

Prędkość średnią wyznaczymy ze wzoru:

$$\text{prędkość_średnia} = \frac{\text{przebyta_droga}}{\text{czas_trwania_ruchu}}.$$

Aby można było skorzystać z tego wzoru i wyznaczyć prędkość średnią, należy przeprowadzić dwa pomiary: wyznaczyć długość drogi, jaką będzie szedł kolega lub koleżanka oraz czas trwania ruchu.

1. Pomiar drogi

1.1 Odpowiedz na poniższe pytania.

P.1.1. W jaki sposób można wyznaczyć długość klasy? Podaj dwa przykłady.

P.1.2 Jakie przyrządy pomiarowe są potrzebne do dokonania pomiarów wymienionych w P.1.1.?

P.1.3. Która z wymienionych przez siebie metod jest obarczona najmniejszą niepewnością pomiarową (czyli najmniejszym błędem)?

Przedyskutuj swoje propozycje z nauczycielem i innymi uczniami.

1.2 Dokonaj pomiaru długości klasy.

Dobierzcie się w 3-4 osobowe zespoły. Każdy zespół dokonuje pomiaru długości klasy wybraną przez siebie metodą. Oszacujcie błąd popełniany przy zastosowaniu tej metody. Wyniki pomiarów zapiszcie poniżej.

przebyta_droga = długość_klasy = _____ ± _____ (m)

2. Pomiar czasu trwania ruchu

2.1 Odpowiedz na poniższe pytania.

P.2.1. Wymień trzy przyrządy, którymi można zmierzyć czas przemieszczenia kolegi.

P.2.2. Który z tych przyrządów pozwala zmierzyć czas z najmniejszym błędem?

Przedyskutuj swoje propozycje z nauczycielem i innymi uczniami.

2.2 Dokonaj pomiaru czasu

Wybierzcie jedną osobę, która będzie szła przez klasę sposobem „stopa za stopą”, to znaczy stawiając nogi tak, aby przy kolejnym kroku pięta stykała się z palcami drugiej stopy.

Wszystkie osoby z zespołu dokonują kolejno pomiaru czasu w jakim koleżanka lub kolega przejdzie przez klasę. Uczeń dokonujący pomiaru uruchamia stoper w chwili w której koleżanka/kolega zaczyna iść, a wyłącza w chwili w której koleżanka/kolega zatrzymuje się.

Wyniki uzyskane przez wasz zespół zapiszcie w poniższej tabeli. Pamiętajcie, że średni czas reakcji człowieka przy włączaniu lub wyłączaniu stopera wynosi około 0,3 sekundy, zatem

błąd pomiaru czasu tą metodą nie może być mniejszy niż $2 \cdot 0,3 \text{ s} = 0,6 \text{ s}$ (nawet jeśli urządzenie ma większą dokładność).

Ponieważ wyniki uzyskane przez poszczególne osoby mogą się od siebie nieco różnić, upewnijmy się, że są ze sobą zgodne z dokładnością do błędu metody pomiarowej. Jeżeli mamy uzasadnione powody, aby przypuszczać, że któryś pomiar jest obarczony błędem grubym, możemy taki pomiar odrzucić. Pamiętajmy przy tym, że błąd gruby jest błędem wynikającym z pomyłki osoby przeprowadzającej pomiar albo z wadliwego działania urządzenia pomiarowego, np. zaciął się stoper, wynik został źle odczytany, w trakcie wpisywania wyniku do karty została pomylona jednostka lub miejsce postawienia przecinka itp.

Nie odrzucamy pomiarów tylko dlatego, że zbyt odbiegają od pozostałych! Być może nie uwzględniliśmy wszystkich czynników wpływających na dokładność metody i należy powtórnie oszacować niepewność pomiarową (błąd pomiaru). Jeżeli jednak czyjś pomiar został odrzucony, osoba ta wykonuje go powtórnie – tym razem staranniej.

Nr pomiaru	Czas trwania ruchu	Błąd pomiaru
1.		
2.		
3.		
4.		

2.3 Oblicz czas trwania ruchu

Każdy zespół oblicza czas trwania ruchu w następujący sposób: sumujemy wyniki wszystkich pomiarów a następnie uzyskaną liczbę dzielimy przez ilość pomiarów.

$czas_trwania_ruchu = \frac{\text{suma_wynikow}}{\text{ilosc_pomiarow}} =$

$=$ _____ (s)

3. Obliczanie prędkości średniej

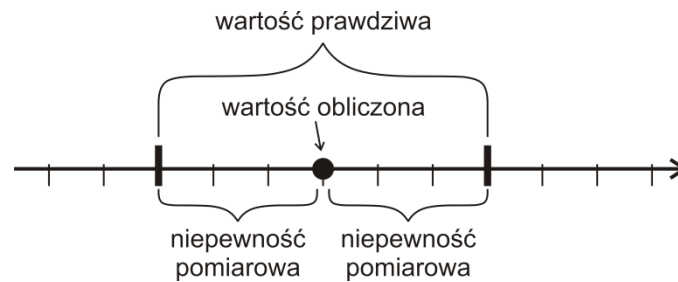
Oblicz prędkość średnią koleżanki lub kolegi, podstawiając wartość przebytej drogi oraz czasu trwania ruchu do wzoru

$$\text{prędkość_średnia} = \frac{\text{przebyta_droga}}{\text{czas_trwania_ruchu}} = \text{_____} \text{ (m/s)}$$

4. Szacowanie niepewności pomiarowych

Wartość prędkości średniej, wyliczoną w poprzednim podpunkcie, należy rozumieć jako wartość najbardziej prawdopodobną.

Prawdziwa wartość prędkości średniej mieści się w pewnym przedziale wokół obliczonej przez was wartości, nazywanym niepewnością pomiarową lub błędem pomiaru.



Przedział wartości w jakich mieści się wartość prędkości średniej możemy oszacować w następujący sposób:

1. liczymy maksymalną drogę jaką przebyła osoba idąca stopa za stopą jako

$$\text{droga_maksymalna} = \text{przebyta_droga} + \text{błąd_pomiaru_drogi} = \text{_____} \text{ (m)}$$

2. liczymy minimalną drogę jaką przebyła osoba idąca stopa za stopą jako

$$\text{droga_minimalna} = \text{przebyta_droga} - \text{błąd_pomiaru_drogi} = \text{_____} \text{ (m)}$$

3. liczymy maksymalny czas ruchu

$$\text{czas_maksymalny} = \text{maksymalny_czas_z_tabeli} + \text{błąd_pomiaru_czasu} = \text{_____} \text{ (s)}$$

4. liczymy minimalny czas ruchu

$$\text{czas_minimalny} = \text{minimalny_czas_z_tabeli} - \text{błąd_pomiaru_czasu} = \text{_____} \text{ (s)}$$

Wyznaczanie prędkości średniej (wariant II) – karta pracy dla ucznia

Podczas tego ćwiczenia dokonamy pomiaru prędkości średniej – wyznaczymy prędkość z jaką koleżanka lub kolega przeptynie basen (albo obiegnie dokoła szkolne boisko).

Prędkość średnią wyznaczymy ze wzoru:

$$\text{prędkość}_{\text{średnia}} = \frac{\text{przebyta_droga}}{\text{czas_trwania_ruchu}}$$

Aby można było skorzystać z tego wzoru i wyznaczyć prędkość średnią, należy zdobyć informacje na temat długości basenu (lub wymiarów boiska) oraz zmierzyć czas trwania ruchu.

1. Pomiar drogi

1.1 Odpowiedz na poniższe pytania.

P.1.1. Jakimi źródłami informacji możesz się posłużyć aby poznać długość basenu (bieżni wokół boiska)? Podaj dwa przykłady.

P.1.2. Które z wymienionych przez siebie źródeł daje dokładniejsze (obarczone mniejszym błędem) informacje?

Przedyskutuj swoje propozycje z nauczycielem i innymi uczniami.

1.2 Zdobądź informacje na temat długości basenu (bieżni)

Poniżej zapisz długość basenu (bieżni wokół boiska szkolnego) łącznie z niepewnością pomiarową (błędem) tej wielkości. Jeśli nie udało ci się zdobyć informacji na temat niepewności pomiarowej, przyjmij, że wynosi ona 0,5% długości basenu (bieżni).

przebyta_droga = długość_basenu (lub bieżni) = _____ ± _____ (m)

2. Pomiar czasu trwania ruchu

2.1 Odpowiedz na poniższe pytania.

P.2.1. Wymień trzy przyrządy, którymi można zmierzyć czas przemieszczenia kolegi.

P.2.2. Który z przyrządów pozwala zmierzyć czas z najmniejszym błędem?

Przedyskutuj swoje propozycje z nauczycielem i innymi uczniami.

2.2 Dokonaj pomiaru czasu

Dobierzcie się w pary. Jedna osoba z pary płynie wzdłuż basenu (lub biegnie wokół boiska szkolnego), a druga mierzy czas trwania ruchu.

W przypadku wykonywania ćwiczenia na basenie, najlepiej aby osoba mierząca czas szła równolegle do osoby płynącej, obserwując uważnie moment rozpoczęcia i zakończenia ruchu.

W przypadku wykonywania ćwiczenia na bieżni, osoba dokonująca pomiaru stoi na mecie, rozpoczynając pomiar, gdy osoba biegnąca wystartuje, a kończąc – gdy kolega/koleżanka przekroczy linię mety.

Uzyskany wynik zapiszcie poniżej. Pamiętajcie, że średni czas reakcji człowieka przy włączaniu lub wyłączaniu stopera wynosi około 0,3 sekundy, zatem błąd pomiaru czasu tą metodą nie może być mniejszy niż $2 \cdot 0,3 \text{ s} = 0,6 \text{ s}$ (nawet jeśli urządzenie ma większą dokładność).

czas_trwania_ruchu = _____ \pm _____ (s)

3. Obliczanie prędkości średniej

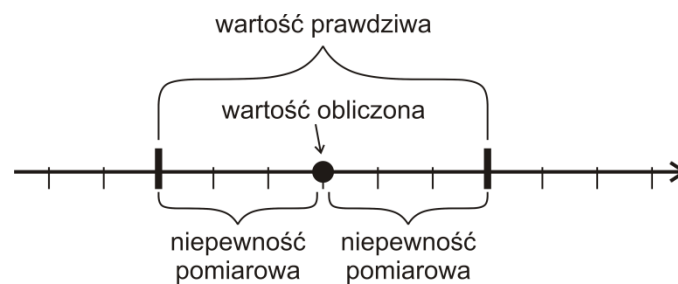
Oblicz prędkość średnią koleżanki lub kolegi, podstawiając wartość przebytej drogi oraz czasu trwania ruchu do wzoru:

$$\text{prędkość_średnia} = \frac{\text{przebyta_droga}}{\text{czas_trwania_ruchu}} = \text{_____} \text{ (m/s)}.$$

4. Szacowanie niepewności pomiarowych

Wartość prędkości średniej, wyliczoną w poprzednim podpunkcie, należy rozumieć jako wartość najbardziej prawdopodobną.

Prawdziwa wartość prędkości średniej mieści się w pewnym przedziale wokół obliczonej przez was wartości, nazywanym niepewnością pomiarową lub błędem pomiaru.



Przedział wartości w jakich mieści się wartość prędkości średniej możemy oszacować w następujący sposób:

1. liczymy maksymalną drogę jaką przebyła osoba płynąca/biegąca jako

$$\text{droga_maksymalna} = \text{przebyta_droga} + \text{błąd_pomiaru_drogi} = \text{_____} \text{ (m)}$$

2. liczymy minimalną drogę jaką przebyła osoba płynąca/biegąca jako

$$\text{droga_minimalna} = \text{przebyta_droga} - \text{błąd_pomiaru_drogi} = \text{_____} \text{ (m)}$$

3. liczymy maksymalny czas ruchu

$$\text{czas_maksymalny} = \text{czas_trwania_ruchu} + \text{błąd_pomiaru_czasu} = \text{_____} \text{ (s)}$$

4. liczymy minimalny czas ruchu

$$\text{czas_minimalny} = \text{czas_trwania_ruchu} - \text{błąd_pomiaru_czasu} = \text{_____} \text{ (s)}$$

5. Liczymy maksymalną możliwą wartość prędkości średniej

$$prędkość_{maksymalna} = \frac{droga_{maksymalna}}{czas_{minimalny}} = \quad \text{(m/s)}$$

6. Liczymy minimalną możliwą wartość prędkości średniej

$$prędkość_{minimalna} = \frac{droga_{minimalna}}{czas_{maksymalny}} = \quad \text{(m/s)}$$

5. Podsumowanie i wnioski

Uzyskana przez was wartość prędkości średniej koleżanki/kolegi mieści się w przedziale od _____ (m/s) do _____ (m/s), przy czym najbardziej prawdopodobną wartością jest _____ (m/s).

Porównajcie swoje wyniki z wynikami innych par. Oceńcie, co może być przyczyną uzyskanych różnic. Zanotujcie poniżej swoje wnioski i spostrzeżenia.

Wyznaczanie prędkości średniej – materiał dla nauczyciela

1. Pomiar drogi

Propozycje odpowiedzi (wariant I)

P.1.1. W jaki sposób można wyznaczyć długość klasy?

- użyć taśmy mierniczej
- użyć linijki przykładając wielokrotnie wzdłuż ściany
- rozciągnąć sznurek wzdłuż klasy, a następnie zmierzyć jego długość linijką
- zmierzyć długość stopy koleżanki/kolegi (linijką lub wyznaczyć na podstawie numeracji obuwia)
- zdobyć plany budynku i odczytać z nich wymiary sali

P.1.2 Jakie przyrządy pomiarowe są potrzebne do dokonania pomiarów wymienionych w P.1.1.?

- taśma miernicza lub metr krawiecki
- linijka
- sznurek

P.1.3. Która z wymienionych przez siebie metod jest obarczona najmniejszą niepewnością pomiarową (czyli najmniejszym błędem)?

- Najlepiej byłoby użyć taśmy mierniczej o długości równej co najmniej długości klasy. W przypadku tak przeprowadzonego pomiaru błąd jest równy najmniejszej podziałce taśmy (obecnie zazwyczaj 1 mm).
- Wszystkie metody polegające na wielokrotnym przykładaniu przyrządu do mierzonego przedmiotu (np. linijki do podłogi wzdłuż ściany, linijki do sznurka) generują błędy rzędu nawet 1-2 cm na jedno „przyłożenie”, sumarycznie dają więc błąd wynoszący kilkanaście czy kilkadziesiąt centymetrów.
- Odczytanie wymiarów sali z planów nie zawsze jest metodą dokładną – nie mamy żadnej pewności, że wykonawca postępował ściśle według planu. Jeśli mamy sprawdzoną informację, że pomieszczenie jest wykonane według planu, możemy przyjąć błąd pomiaru rzędu centymetra.

Propozycje odpowiedzi (wariant II)

P.1.1. Jakimi źródłami informacji możesz się posłużyć aby poznać długość basenu (bieżni wokół boiska)?

- zapytać nauczyciela wychowania fizycznego lub inną osobę odpowiedzialną za obiekt sportowy
- zdobyć plany obiektu i odczytać z nich szukane wymiary
- ściągnąć z Internetu mapę satelitarną obiektu i zmierzyć szukaną odległość

P.1.2. Które z wymienionych przez siebie źródeł daje dokładniejsze (obarczone mniejszym błędem) informacje?

- Bardzo często obiekty sportowe mają standardowe wymiary i osoba odpowiedzialna za obiekt posiada zazwyczaj dokładne informacje na temat długości basenu lub bieżni. Jeśli np. jest to tak zwany basen olimpijski to możemy uznać, że jego długość jest wyznaczona z dużą dokładnością (małym błędem).
Z pewnością błąd ten nie wynosi więcej niż kilka centymetrów, jednak uczeń nie musi posiadać tego typu wiedzy. Wobec tego, na potrzeby ćwiczenia, można przyjąć, że niepewność pomiarowa wynosi 0,5% długości obiektu.
- Plany są zwykle bardzo dokładne, a w przypadku takich obiektów jak basen czy boisko zazwyczaj mamy bardzo dobrą zgodność wykonania z planem. Możemy przyjąć, że metoda ta również jest obciążona błędem rzędu kilku centymetrów. Jeśli jednak uczeń nie dysponuje taką informacją, można postąpić jak w poprzednim przykładzie i przyjąć niepewność pomiarową jako 0,5% długości obiektu.
- W zależności od skali mapy, wielkości obiektu i metody pomiaru (np. przykładając linijkę do monitora, korzystając z programu Google Earth, itp.), błąd pomiaru może tu wynosić nawet kilkadziesiąt centymetrów.

2. Pomiar czasu

Propozycje odpowiedzi (oba warianty)

P.2.1. Wymień trzy przyrządy, którymi można zmierzyć czas przemieszczenia kolegi.

- zegarkiem
- stoperem
- telefonem komórkowym
- metronomem

P.2.2. Który z tych przyrządów pozwala zmierzyć czas z najmniejszym błędem?

- Jeżeli zegarek ma sekundnik to dokładności pomiaru czasu wynosi jedną sekundę. W przypadku zegarków bez sekundnika – jest to minuta.
- Zarówno klasyczny stoper jak i stoper wbudowany w telefon komórkowy mają podobną dokładność i w przypadku większości osób nie jest to niestety najmniejsze wskazanie urządzenia (0,1 sekundy). Przeciętny czas reakcji na bodziec wzrokowy (uczeń zaczyna iść lub kończy ruch) wynosi około 0,3 s. Całkowity błąd pomiaru czasu wynosi 0,6 s, ponieważ sumujemy błąd popełniany przy włączeniu stopera z błędem popełnianym przy jego wyłączeniu.
- Metronom pozwala na pomiar czasu z dokładnością do 208 uderzeń na minutę, co daje około 0,3 s pomiędzy poszczególnymi uderzeniami. Należy jednak pamiętać, że można się pomylić zliczając uderzenia. Jeśli decydujemy się na pomiar czasu tą metodą, warto aby kilka osób równolegle liczyło uderzenia.

Propozycje tematów do przedyskutowania z uczniami (oba warianty)

1. Odrzucanie wyników pomiarów

Można odrzucić wynik pomiaru, jeśli istnieje uzasadniona obawa, że pomiar jest obarczony błędem grubym, np. stoper się zaciął i zaczął mierzyć czas dopiero po kilku sekundach.

Istnieje wśród uczniów niczym nieuzasadniona tendencja do odrzucania wyników pomiarów, które odbiegają od pozostałych. Jeśli uczeń nie potrafi podać przekonującego wyjaśnienia, dlaczego zamierza pomiar odrzucić, nie powinno się na to pozwalać.

2. Zapisywanie wyniku pomiaru lub obliczenia z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących (oba warianty)

Częstym problemem uczniów jest podjęcie decyzji, jak dokładnie zapisać wynik pomiaru lub obliczeń, zwłaszcza, że niektórzy z nich mylą pojęcie cyfr znaczących z pojęciem miejsc po przecinku. Warto przetrenować z nimi umiejętność zaokrąglania wyniku na konkretnych przykładach.

Założmy, że uczniowie zmierzili długość klasy przy pomocy sznurka. Następnie zmierzili sznurek, wielokrotnie przykładając do niego długą linijkę. Powiedzmy, że uzyskali wynik 4,375 m. Jeśli uprzednio ustalimy z nimi, że niepewność pomiarowa, wynikająca z przyjętej metody pomiaru, wynosi w tym konkretnym przypadku 10 cm, to zaokrąglamy uzyskany wynik z dokładnością do niepewności pomiarowej, a nie do najmniejszej podziałki linijki. Prawidłowo zapisujemy uzyskany wynik jako $4,4 \pm 0,1$ m.

W żadnym wypadku nie podajemy wyniku z większą dokładnością niż wynosi niepewność pomiarowa wybranej metody! Zapis $4,375 \pm 0,1$ m jest absolutnie niepoprawny.

3. Szacowanie niepewności pomiarowych (oba warianty)

Posługiwanie się pojęciem niepewności pomiarowej jest jawnie zapisane w wymaganiach przekrojowych podstawy programowej. Podpunkty dotyczące wykonania pomiarów prostych (drogi i czasu) służą przybliżeniu uczniowi tego pojęcia i zaznajomieniu się z nim w sytuacjach praktycznych.

Osobny punkt *Szacowanie niepewności pomiarowych* jest przykładem na to, jak można obliczyć niepewność pomiaru złożonego. Nie jest to z pewnością metoda jedyna, wydaje się jednak być najbardziej adekwatna do przypadku, jakiego dotyczy całe ćwiczenie. Jeśli w trakcie lekcji zabrakłoby czasu na wykonanie tych obliczeń, warto aby uczniowie wykonali je w domu.

4. Podsumowanie i wnioski (oba warianty)

Warto aby praca uczniów została zakończona dyskusją uzyskanych wyników. Jeżeli wszyscy uczniowie wykonywali pomiary tą samą metodą, można na przykład skupić się na słabych i mocnych stronach danej metody. Jeśli różne zespoły dokonywały pomiarów różnymi metodami, można porównywać metody między sobą, wskazując czynniki, które miały wpływ na dokładność uzyskanego wyniku.

Należy również zachęcać uczniów do samodzielnego formułowania uwag i wniosków, które mogą a wręcz powinni zapisać w swojej karcie pracy. Ważne jest to, żeby nie zniechęcać uczniów do pracy doświadczalnej i stwarzać im wszelkie warunki do rozwoju tego typu zainteresowań i predyspozycji.