KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Fizyka I: **Mechanika**

prof. dr hab. Aleksander Filip Żarnecki
Zakład Cząstek i Oddziaływań Fundamentalnych IFD

Wykład I: Kinematyka

- Pomiary fizyczne, układ jednostek SI, błędy pomiarowe
- Kinematyka: pojęcia podstawowe
  - ⇒ punkt materialny, układ odniesienia, układ współrzędnych
  - ⇒ tor, prędkość, przyspieszenie
- Ruch jednostajny, ruch jednostajnie przyspieszony
- Organizacja i warunki zaliczenia wykładu

Co to jest fizyka ?

Fizyka zajmuje się badaniem

najbardziej fundamentalnych i uniwersalnych

właściwości materii i zjawisk w otaczającym nas świecie.

"Nasza wiedza o świecie fizycznym dzieli się na dwie kategorie:
prawa przyrody i warunki początkowe. Fizyka w pewnym sensie
nie interesuje się warunkami początkowymi, pozostawiając je
badaniom astronomów, geologów, geografów, i tak dalej."

Eugene Wigner

Staramy się znaleźć prawidłowości niezależne od "warunków początkowych"...

Te same prawa pozwalają czasami wyjaśnić zupełnie różne zjawiska...

Teoria i doświadczenie

Formułując prawa fizyki, tworząc modele i teorie staramy się ująć istotę zjawiska.

Dlatego często posługujemy się idealizacją (np. punkt materialny, układ izolowany) i/lub uogólniamy wnioski wynikające z doświadczenia.

Punktem wyjścia wszystkich naszych rozważań powinno być doświadczenie - dostarcza nam danych, na podstawie których tworzymy modele opisujące rzeczywistość.

Staramy się też dostrzec uniwersalne zależności, symetrie lub prawa zachowania.

Podstawowe założenia: niezbędne żeby móc zajmować się fizyką

⇒ Prawa fizyki są wszędzie takie same.
Nawet w najdalszych zakątkach wszechświata...

⇒ Prawa fizyki nie zmieniają się w czasie.
Są niezmienne od chwili narodzin wszechświata...

też wynikają z doświadczenia...

Rodzaje pomiarów

Zliczanie

Przykłady:

- liczba grzybów w barszczu
- liczba kropel deszczu na szybie (w określonym okresie czasu)
- liczba rozpadów w próbce promieniotwórczej
- liczba cząstek wyprodukowanych w zderzeniach wysokiej energii

Liczymy jakieś elementy lub zdarzenia, w określonym przedziale czasu lub przestrzeni.

Szczególny przypadek: niewielka liczba możliwych wyników pomiaru:

- rzut monetą (orzeł/reszka)
- rzut kostką do gry (1-6)
- procesy nie deterministyczne, np. rozpad jądra atomowego (tak/nie)
- układy z dyskretnymi stanami dozwolonymi
  (w szczególności układy kwantowe, np. atomy)

Błędy pomiarowe

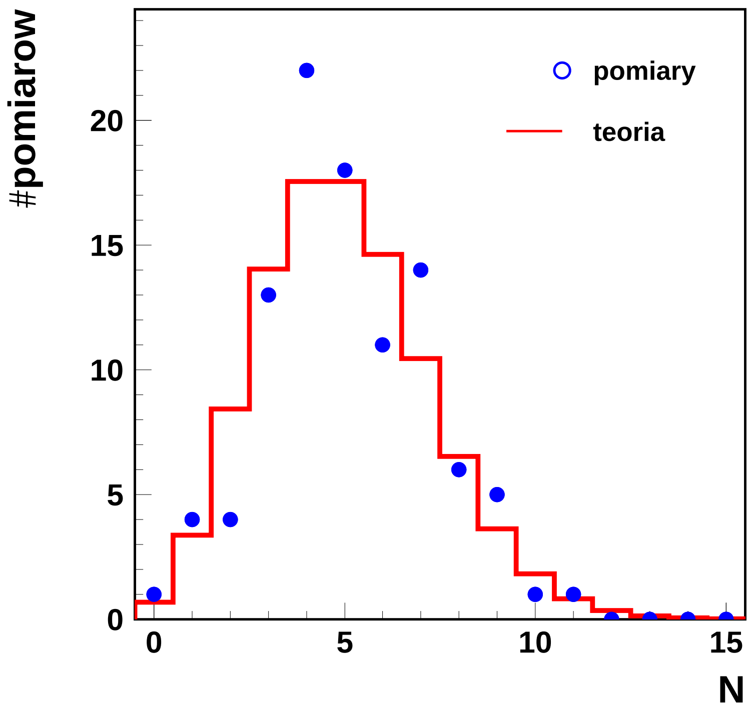
Rozkład Poissona

Z rozkładem Poissona mamy do czynienia wtedy, gdy w określonym przedziale (czasu lub przestrzeni) liczymy zdarzenia od siebie niezależne.

Jest to sytuacja z jaką często mamy do czynienia.

Np. liczba rejestrowanych rozpadów promieniotwórczych

Zestawienie wyników 100 pomiarów dla źródełka dającego średnio 5 rozpadów na sekundę (każdy pomiar: 1 sekunda) $\Longrightarrow$

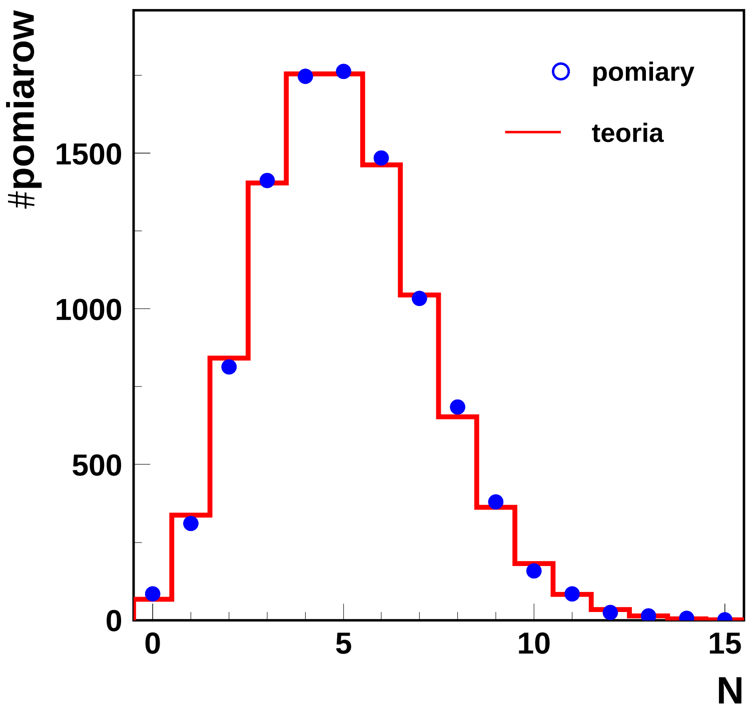


N - liczba zliczeń w jednym pomiarze

Błędy pomiarowe

Rozkład Poissona

Zestawienie wyników 10000 pomiarów:



Prawdopodobieństwo, że w kolejnym pomiarze zarejestrujemy N zliczeń wynosi:

$$p(N) = \frac{\mu^N e^{-\mu}}{N!}$$

Rozkład Poissona

μ - wartość oczekiwana rozkładu,
średnia liczba obserwowanych rozpadów

Błędy pomiarowe

Rozkład Poissona

W każdym pomiarze, mimo identycznych warunków początkowych, możemy otrzymać inny wynik.

Czasami są to wyniki bardzo rozmieżne od oczekiwanych.

Np. dla μ=5 możemy zmierzyć

- N=0 rozpadów, z prawdopodobieństwem $\sim$0.7 %
- $N \geq 10$ rozpadów, z prawdopodobieństwem $\sim$3.2 %

Pomiar wielkości fizycznej opisanej rozkładem Poissona obarczony jest "naturalnym" błedem statystycznym

$$\boxed{\text{Błąd} \approx \sqrt{\mu}}$$

Względna dokładność pomiaru rośnie wraz ze wzrostem μ.
Staramy sie (jeśli to możliwe) wydłużać czas pomiaru...

Rodzaje pomiarów

Pomiary ilościowe

Pomiary, których wynik wyrażamy poprzez podanie wartości liczbowej i jednostki.

Przykłady:

- długość stołu $\Rightarrow$ 5.73 m
- masa ciała $\Rightarrow$ 88 kg
- czas trwania wykładu $\Rightarrow$ 45 min.
- natężenie prądu $\Rightarrow$ 150 mA

Wartość liczbowa wielkości fizycznej zależy od jednostki, w której jest wyrażona.

Wynik pomiaru porównujemy z przyjętą dla danej wielkości fizycznej jednostką.

Porównywać możemy jedynie wielkości tego samego rodzaju.

$\Rightarrow$ ważne jest jednoznaczne zdefiniowanie jednostek

Układ jednostek SI

SI - Systéme Internationale

Międzynarodowy układ jednostek wprowadzony w 1960 roku.

Długość	metr	[m]
Masa	kilogram	[kg]
Czas	sekunda	[s]
Natężenie prądu elektrycznego	amper	[A]
Temperatura termodynamiczna	kelwin	[K]
Ilość substancji	mol	[mol]
Światłość	kandela	[cd]

Układ jednostek SI

Notacja naukowa

Ułatwia zapisywanie bardzo dużych i bardzo małych liczb:

- prędkość światła: $c \approx 300000000$ m/s $= 3 \cdot 10^8$ m/s
- rozmiar protonu: $r \sim 0.000000000000001$ m = 10^{-15} m
- masa Ziemi: $m_Z \approx 5972000000000000000000000$ kg = $5.972 \cdot 10^{24}$ kg

Wykładnik potęgi 10 określa nam "rząd wielkości"

Różnica o rząd wielkości to dużo, 2-3 rzędy to bardzo dużo, 10 rzędów to "przepaść"

$\Leftarrow \quad \times 10^{10} \quad \Rightarrow$

Układ jednostek SI

Jednostki pochodne

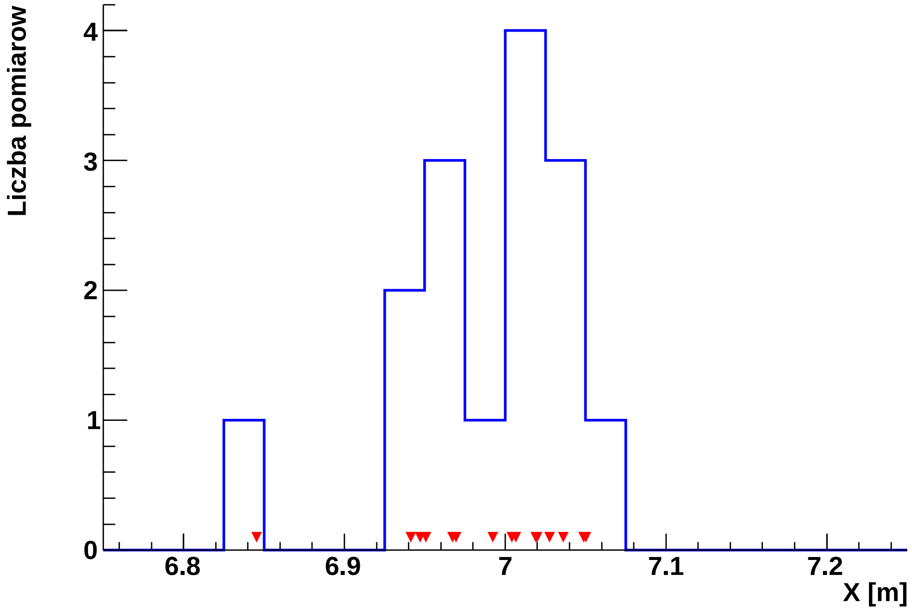
yotta	10^{24}	Y	decy	10^{-1}	d
zetta	10^{21}	Z	centy	10^{-2}	c
exa	10^{18}	E	mili	10^{-3}	m
peta	10^{15}	P	mikro	10^{-6}	μ
tera	10^{12}	T	nano	10^{-9}	n
giga	10^{9}	G	piko	10^{-12}	p
mega	10^{6}	M	femto	10^{-15}	f
kilo	10^{3}	k	atto	10^{-18}	a
hekto	10^{2}	h	zepto	10^{-21}	z
deka	10	da	yokto	10^{-24}	y

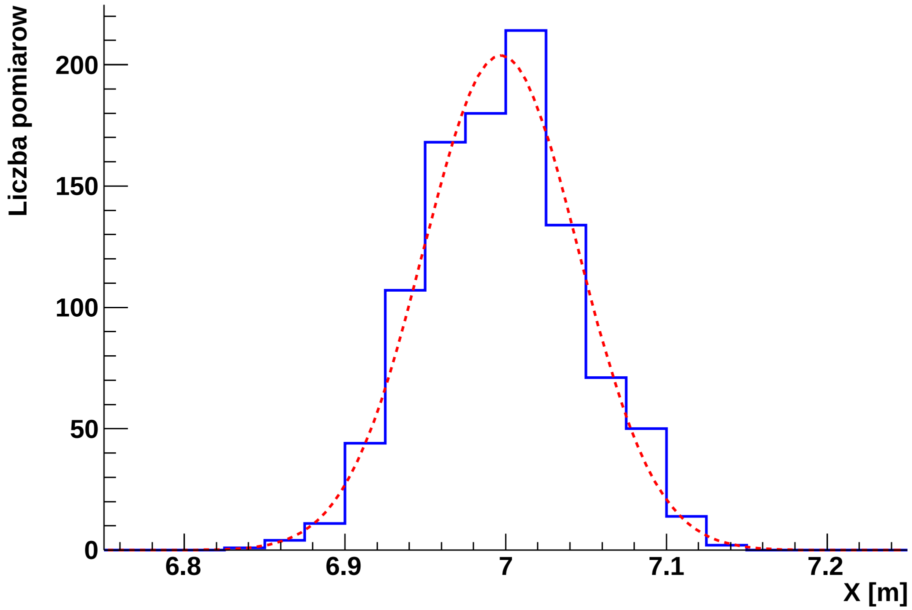
np. 1 nm = 10^{-9} m = 0.000 000 001 m

Błędy pomiarowe

Rozkład Gaussa

Przykładowe wyniki pomiarów ilościowych (np. długości stołu)





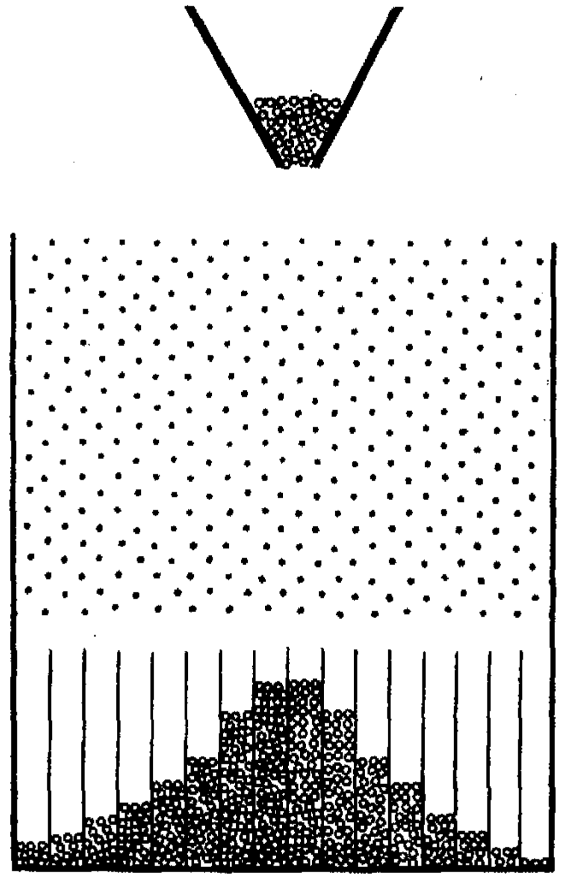
W przypadku wielkości fizycznych przyjmujących wartości rzeczywiste, wyniki pomiarów mają zazwyczaj rozkład normalny, nazywany też rozkładem Gaussa.

Błędy pomiarowe

Rozkład Gaussa

Rozkład Gaussa opisuje rozkład wyników pomiarów przy założeniu, że fluktuacje są wynikiem wielu niezależnych zaburzeń.

Model: deska Galtona $\Rightarrow$



Błędy pomiarowe

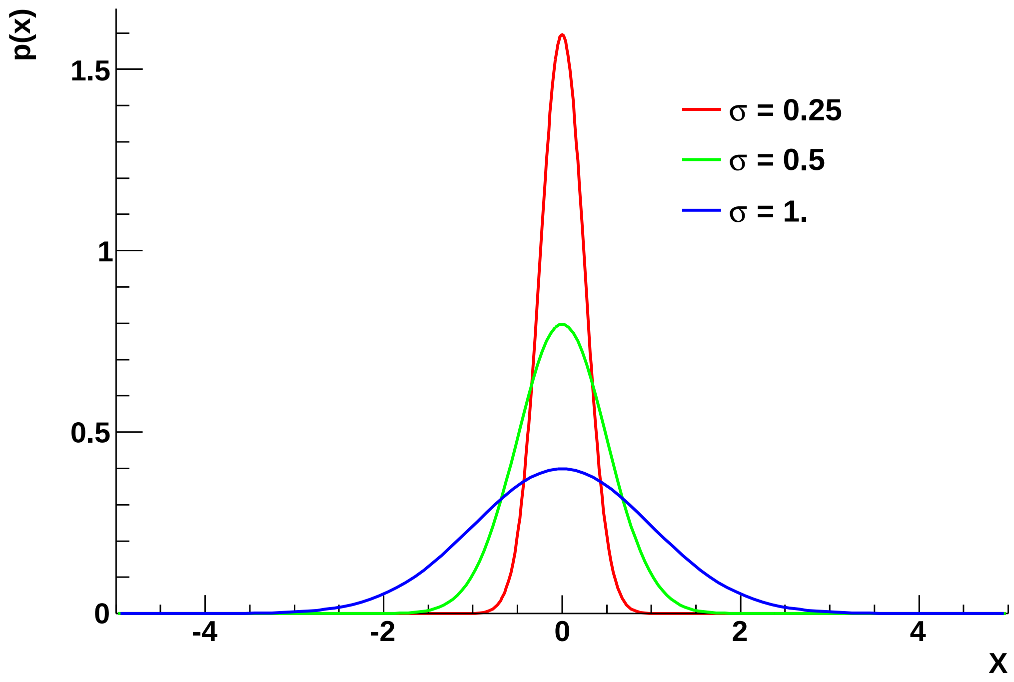
Rozkład Gaussa

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

μ - wartość oczekiwana rozkładu,
średni wynik wielu pomiarów

σ - miara szerokości rozkładu
błąd pomiaru
średnie odchylenie kwadratowe:

$$\sigma^2 = \langle (x-\mu)^2 \rangle$$



Błędy pomiarowe

Rozkład Gaussa

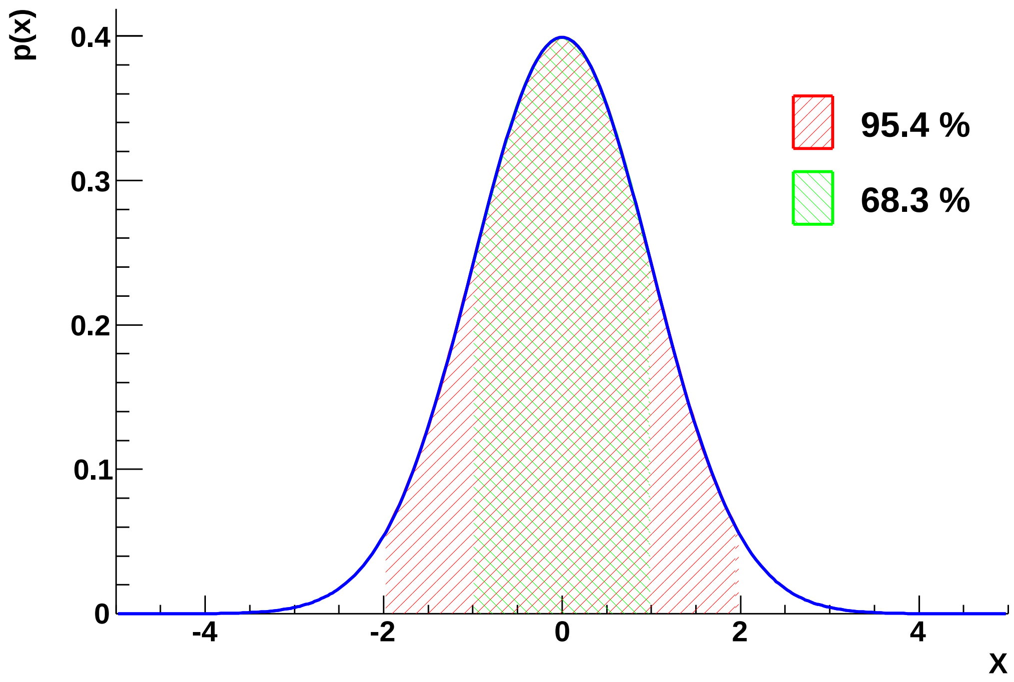
Błąd pomiaru wielkości fizycznej mówi nam o oczekiwanej (średniej kwadratowej) wartości błędu.

Możliwe są jednak wyniki pomiarów wielkrotnie przekraczające wartość błędu.

Prawdopodobieństwo odchylenia większego niż:

$$\begin{array}{lcll} \pm 1\sigma & \Rightarrow & 31.73 & \% \\ \pm 2\sigma & \Rightarrow & 4.55 & \% \\ \pm 3\sigma & \Rightarrow & 0.27 & \% \\ \pm 4\sigma & \Rightarrow & 0.0063 & \% \\ \pm 5\sigma & \Rightarrow & 0.000057 & \% \end{array}$$

Rozkład prawdopodobieństwa



Błędy pomiarowe

Błędy przypadkowe (statystyczne)

Wynikają z fluktuacji (losowych zaburzeń) w przebiegu samego zjawiska, lub w procesie mierzenia. Nie wpływają na średni wynik pomiaru (wartość oczekiwaną).

Naogół opisujemy je rozkładem Gaussa lub Poissona

Błędy systematyczne

Stałe przesunięcie wyników pomiarów (wartości oczekiwanej) w stosunku do wartości prawdziwej.

Błąd systematyczny może się pojawić w wyniku:

- złej kalibracji (wyskalowania) urządzenia
- przyjęcia złej metody pomiaru
- zaniedbania istotnych poprawek

Właściwa ocena błędów systematycznych jest jednym z najtrudniejszych aspektów fizyki doświadczalnej...

Pojęcia podstawowe

Punkt materialny

Ciało, którego rozmiary można w danym zagadnieniu zaniedbać.

Zazwyczaj przyjmujemy, że punkt materialny powinien być dostatecznie mały.

Nie jest to jednak konieczne !

Przykład: “wózek” na torze powietrznym.

Ważne jest, żeby ciało nie miało dodatkowych “stopni swobody”
(np. obroty , drgania własne, stany wzbudzone)

Położenie punktu materialnego całkowicie określa jego “stan”.

$\Rightarrow$ pojęcie punktu materialnego umożliwia prosty opis wielu sytuacji fizycznych.

Zwykle przyjmujemy, że punkt materialny obdarzony jest masą (do tego jeszcze wrócimy).

Pojęcia podstawowe

Ruch

Zmiana położenia ciała względem wybranego punktu referencyjnego / układu odniesienia.

Układ odniesienia

Ciało, które wybieramy jako “punkt odniesienia”.

Najczęściej jest nim Ziemia lub punkt na jej powierzchni.

Układ odniesienia można też zdefiniować określając jego położenie (lub ruch) względem wybranego ciała lub grupy ciał.

Przykłady:

- układ związany ze stołem w sali wykładowej
- układ związany z lecącym samolotem
- układ środka masy zderzających się cząstek
- układ związany ze środkiem Galaktyki

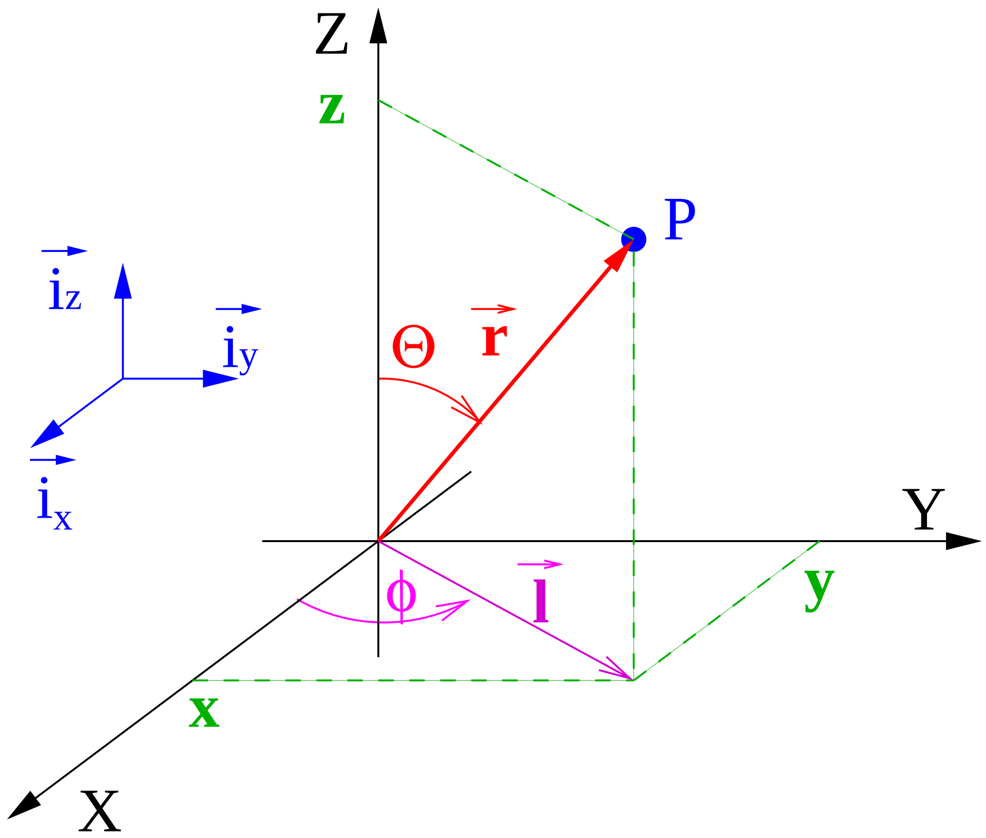
Pojęcia podstawowe

Układ współrzędnych

Służy do określenia położenia ciała w danym układzie odniesienia

Początek i orientacja układu współrzędnych muszą być jednoznacznie zdefiniowane.

Położenie możemy wciąż zapisać na wiele różnych sposobów:



- we współrzędnych kartezjańskich:

$$\vec{r} = x \cdot \vec{i}_x + y \cdot \vec{i}_y + z \cdot \vec{i}_z \equiv (x, y, z)$$

- we współrzędnych biegunowych:

$$\vec{r} = (r, \Theta, \phi)$$

- we współrzędnych walcowych:

$$\vec{r} = (l, \phi, z)$$

Pojęcia podstawowe

Tor ruchu

Opisuje zmianę położenia ciała w czasie

W ogólnym przypadku -
postać parametryczna toru:

$$x = x(t) \quad y = y(t) \quad z = z(t)$$

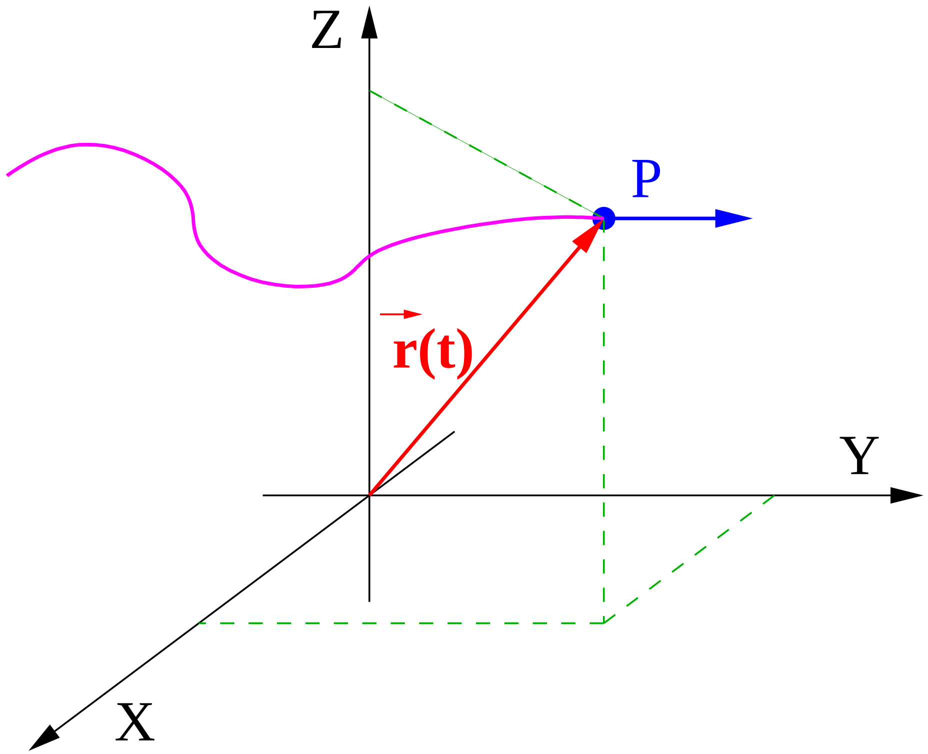
$$\vec{r} = (x(t), y(t), z(t)) = \vec{r}(t)$$

Wektor położenia ciała $\vec{r}$ (jego współrzędne) wyrażamy jako funkcje czasu.

Postać uwikłana toru:

$$y = y(F(x)) = y(x) \quad z = z(x)$$

$$\vec{r} = (x, y(x), z(x))$$



Pojęcia podstawowe

Prędkość średnia

Zadany tor ruchu:

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

W odstępie czasu:

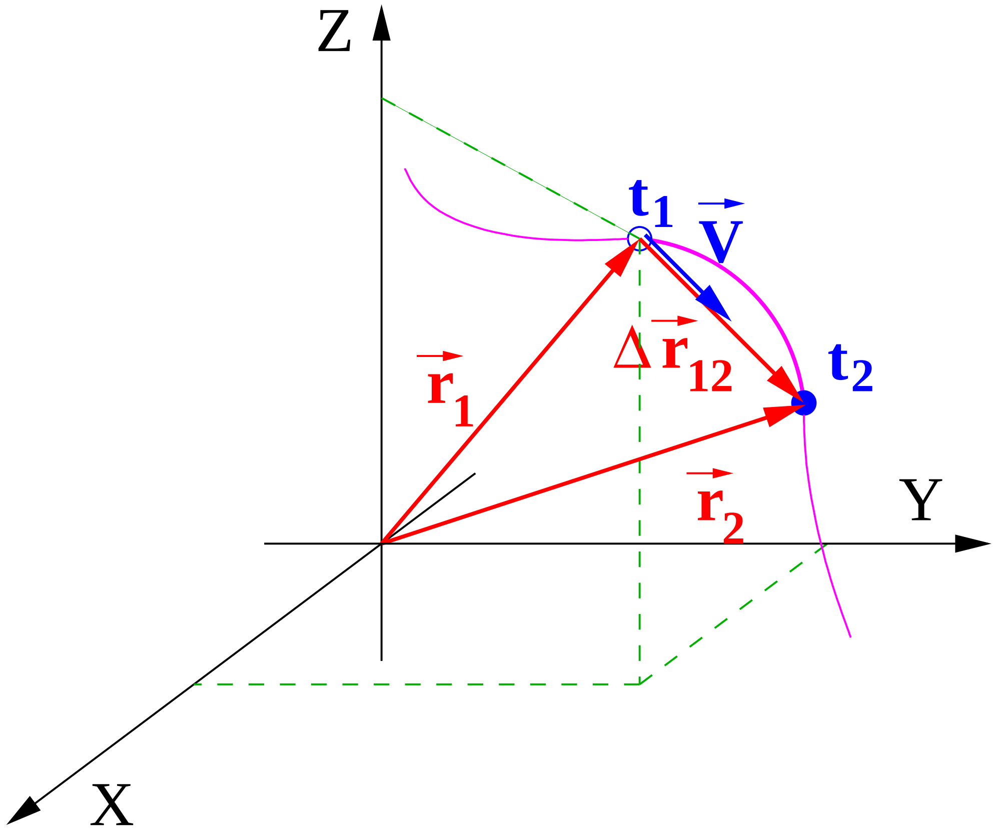
$$\Delta t_{12} = t_2 - t_1$$

punkt materialny przemieścił się o:

$$\Delta\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)$$

Prędkość średnią definiujemy jako

$$\vec{V}_{12}^{(\text{śr})} = \frac{\Delta\vec{r}_{12}}{\Delta t_{12}}$$



Pojęcia podstawowe

Prędkość chwilowa

Praktycznie każdy pomiar prędkości musi trwać skończony okres czasu.

Prawie zawsze mierzymy więc prędkość średnią.

Pojęcie prędkości chwilowej wprowadzamy jako graniczną wartość prędkości średniej dla nieskończenie krótkiego czasu pomiaru, $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{V}^{(\text{śr})} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Doświadczenie pokazuje, że jest to pojęcie dobrze zdefiniowane:
dla rzeczywistych obiektów ta granica zawsze istnieje.

Pojęcia podstawowe

Prędkość chwilowa

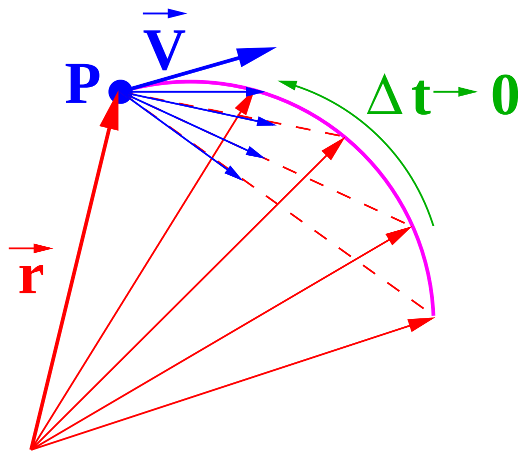
Matematycznie definicja prędkości chwilowej odpowiada definicji pochodnej:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Pochodna wektora $\equiv$ wektor pochodnych składowych tego wektora

$$\vec{v} = \frac{dx}{dt} \cdot \vec{i}_x + \frac{dy}{dt} \cdot \vec{i}_y + \frac{dz}{dt} \cdot \vec{i}_z = v_x \cdot \vec{i}_x + v_y \cdot \vec{i}_y + v_z \cdot \vec{i}_z$$

Wektor prędkości chwilowej jest **styczny do toru**



Wartość prędkości:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Pojęcia podstawowe

Przyspieszenie średnie

Prędkość chwilowa:

$$\vec{v} \;=\; \vec{V}(t)$$

W odstępie czasu:

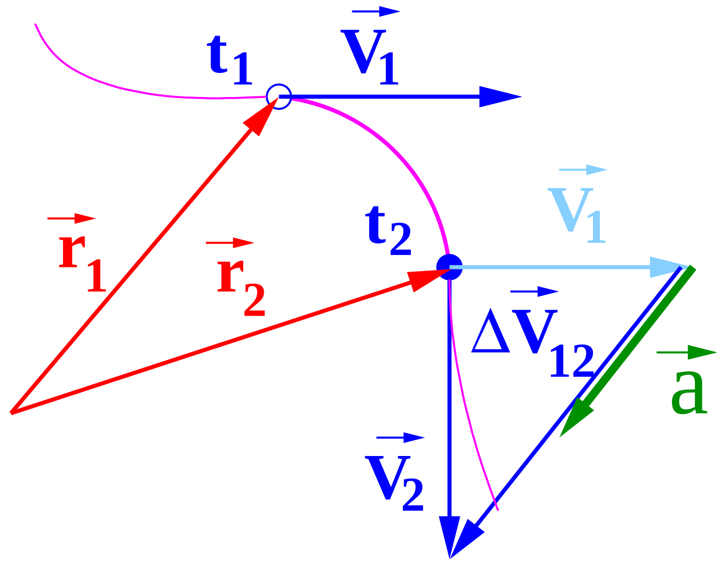
$$\Delta t_{12} \;=\; t_2 - t_1$$

prędkość zmienia się o:

$$\Delta \vec{V}_{12} \;=\; \vec{V}_2 - \vec{V}_1 = \vec{V}(t_2) - \vec{V}(t_1)$$

Przyspieszenie średnie:

$$\vec{a}_{12}^{(\text{śr})} \;=\; \frac{\Delta \vec{V}_{12}}{\Delta t_{12}}$$

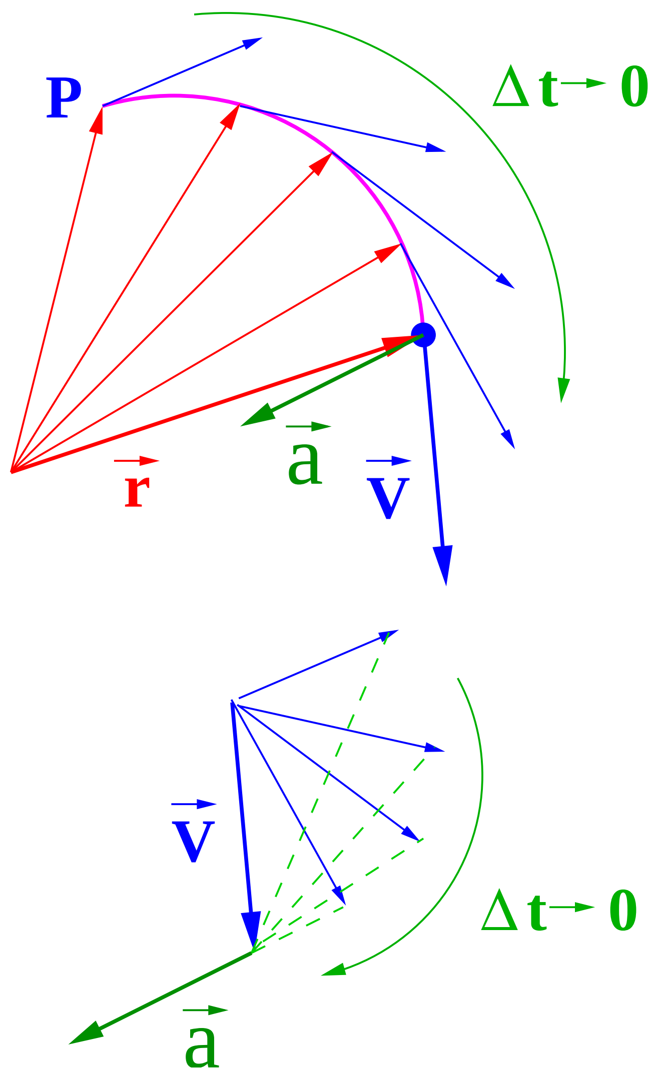


Pojęcia podstawowe

Przyspieszenie chwilowe

Podobnie jak w przypadku prędkości - graniczna wartość dla nieskończenie krótkiego pomiaru:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \dot{\vec{V}}$$



Przyspieszenie chwilowe jest pochodną po czasie prędkości chwilowej:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{dV_x}{dt} \cdot \vec{i}_x + \frac{dV_y}{dt} \cdot \vec{i}_y + \frac{dV_z}{dt} \cdot \vec{i}_z$$
$$= a_x \cdot \vec{i}_x + a_y \cdot \vec{i}_y + a_z \cdot \vec{i}_z$$

Opisuje “tempo” zmian prędkości...

W ogólnym przypadky orientacja wektor $\vec{a}$ może być dowolna...

Klasyfikacja ruchów

Ze względu na tor wybrane przypadki szczególne

- prostoliniowy, odbywający się wzdłuż lini prostej
  Zawsze możemy tak wybrać układ współrzędnych aby

$$y(t) = z(t) = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{r}(t) = \vec{i}_x \cdot x(t)$$

- płaski, odbywający się w ustalonej płaszczyźnie

$$z(t) = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{r}(t) = \vec{i}_x \cdot x(t) \; + \; \vec{i}_y \cdot y(t)$$

- po okręgu

Ze względu na przyspieszenie

- jednostajny $\Rightarrow$ wartość prędkości pozostaje stała: $|\vec{V}|$ = const
- jednostajnie przyspieszony $\Rightarrow$ przyspieszenie jest stałe: $\vec{a}$ = const

Ruch jednostajny prostoliniowy

Najprostszy przypadek ruchu:

- Jednostajny: $|\vec{V}|$ = const
- Prostoliniowy: $\frac{\vec{V}}{V}$ = const

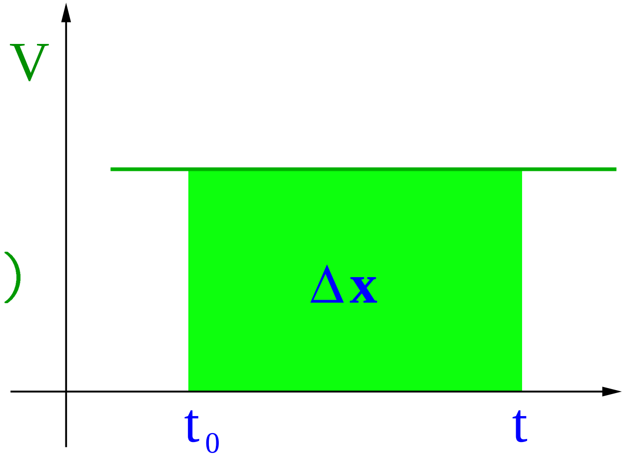
$$\Bigg\} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = 0$$

W ogólnym przypadku ruch jednostajny może się odbywać z przyspieszeniem...

Przyjmując, że ruch odbywa się wzdłuż osi X:

$$V = \frac{dx}{dt} = \text{const}$$

$$\Rightarrow \quad x(t) = x_0 + V \cdot (t - t_0) \qquad x_0 = x(t_0)$$



Położenie (przebyta droga) jest liniową funkcją czasu.

Drogi przebyte w równych odcinkach czasu są sobie równe.

Ruch prostoliniowy

Zależność drogi od prędkości

Przypadek ogólny: znamy prędkość $V(t)$
czy możemy wyznaczyć zależność położenia od czasu ?

Możemy sumować przesunięcia dx po krótkich przedziałach czasu dt.

Przesunięcie ciała w czasie $\Delta t = t - t_0$:

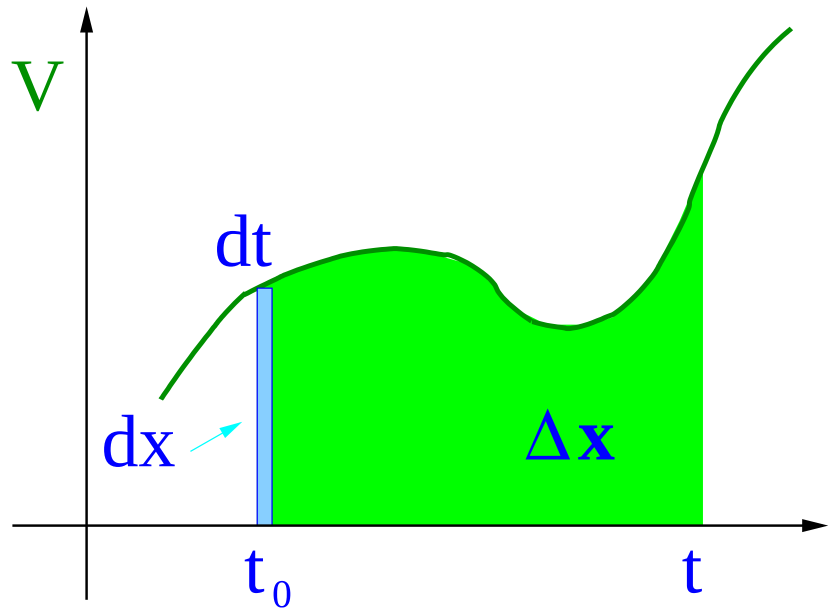
$$\Delta x \;=\; \sum_{dt} dx \;=\; \sum_{dt} V\,dt$$

Graficznie: pole pod krzywą $V(t)$

Matematycznie, przechodząc do granicy $dt \to 0$

$$\Delta x \;=\; \int_{t_0}^{t} V\;dt$$

całka oznaczona



Ruch jednostajnie przyspieszony

Jednostajnie przyspieszony

Ruch ze stałym przyspieszeniem $\vec{a}$ = const

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \text{const} = \vec{a} \;\Rightarrow\; \vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{a} \cdot (t - t_0) \qquad \vec{V}_0 = \vec{V}(t_0)$$

$$d\vec{V} = \vec{a}(t)\; dt \;\Rightarrow\; \vec{V} = \vec{V}_0 + \int_{t_0}^{t} \vec{a}(t)\; dt$$

Prostoliniowy

Ruch jest prostoliniowy: $\frac{\vec{V}}{V}$ = const $\;\Leftrightarrow\;$ $\vec{V} \,||\, \vec{a}$ = const

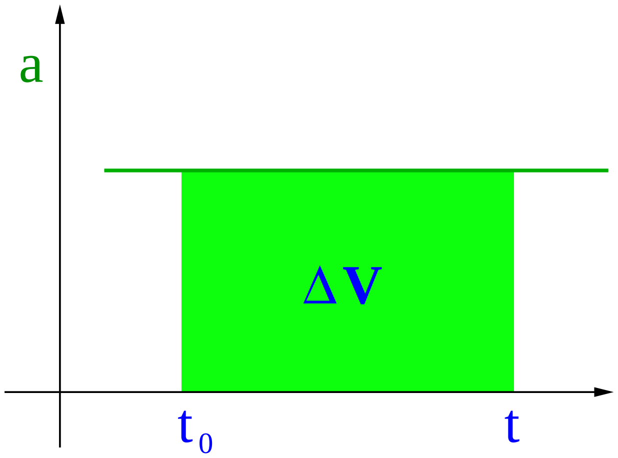
Przyspieszenie musi mieć kierunek zgodny z kierunkiem prędkości

Ruch jednostajnie przyspieszony

Prostoliniowy (⇒ jednowymiarowy)

Prędkość jest liniową funkcją czasu:

$$V = V_0 + a \cdot (t - t_0) = V_0 + \int_{t_0}^{t} a \, dt$$

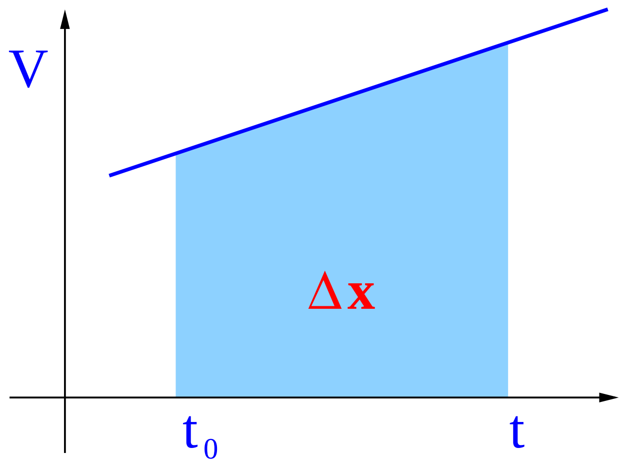


Położenie jest kwadratową funkcją czasu:

$$x = x_0 + \frac{1}{2}(V + V_0) \cdot (t - t_0) \qquad \text{pole trapezu}$$

$$= x_0 + V_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2} a \cdot (t - t_0)^2$$

$$= x_0 + \int_{t_0}^{t} V \, dt = x_0 + \int_{t_0}^{t} [V_0 + a \cdot (t - t_0)] \, dt$$



Ruch jednostajnie przyspieszony

Przyjmijmy, że w chwili $t_0 = 0$ ciało spoczywa: $V_0 = V(t_0) = 0$.

Mierzymy drogę jaką ciało przebywa w równych przedziałach czasu:

$$\begin{aligned} \Delta t_n &= t_n - t_{n-1} = \Delta t \\ \Rightarrow \quad t_n &= n \cdot \Delta t \end{aligned}$$

Przebyta droga:

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{1}{2}\, a \cdot t^2 \\ \Delta x_n &= x(t_n) - x(t_{n-1}) = \frac{1}{2}\, a \cdot \left(t_n^2 - t_{n-1}^2\right) \\ &= \frac{1}{2}\, a \cdot \Delta t^2 \left(n^2 - (n-1)^2\right) = \frac{1}{2}\, a \cdot \Delta t^2 \cdot (2n-1) \end{aligned}$$

Drogi w kolejnych odcinkach czasu mają się do siebie jak kolejne liczby nieparzyste:

$$x_1 : x_2 : x_3 : \ldots = 1 : 3 : 5 : 7 : \ldots$$

Ruch jednostajnie przyspieszony

Przypadek ogólny

W ogólnym przypadku, gdy wektory $\vec{V}_0$ i $\vec{a}$ nie są równoległe,
ruch jednostajnie przyspieszony nie jest ruchem prostoliniowym:

$$\begin{aligned}
\vec{V} &= \vec{V}_0 + \vec{a} \cdot (t - t_0) \\
\vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{V}_0 \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2}\,\vec{a} \cdot (t - t_0)^2
\end{aligned}$$

Ruch będzie się odbywał w płaszczyźnie przechodzącej przez $\vec{r}_0$
i wyznaczonej przez kierunki wektorów $\vec{V}_0$ i $\vec{a}$.

Ruch jednostajnie przyspieszony

Przypadek ogólny

Zawsze możemy tak wybrać układ współrzędnych aby przyspieszenie skierowane było wzdłuż jednej z osi, przykładowo osi OY:

$$\vec{a} \parallel \vec{i}_y \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = (0, a, 0)$$

oraz prędkość początkowa leżała w płaszczyźnie XY:

$$\vec{V}_0 = (V_{x,0}, V_{y,0}, 0)$$

Ruch możemy wtedy opisać jako zlożenie niezależnych ruchów w 3 składowych:
ruch jednostajny (X) $\oplus$ ruch jednostajnie przyspieszony (Y) $\oplus$ spoczynek (Z):

$$\begin{aligned} a_x &= 0 \\ a_y &= a \\ a_z &= 0 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} V_x &= V_{x,0} = const \\ V_y &= V_{y,0} + a\,t \\ V_z &= 0 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} x &= x_0 + V_{x,0} \cdot (t - t_0) \\ y &= y_0 + V_{y,0} \cdot (t - t_0) + \frac{1}{2}\, a \cdot (t - t_0)^2 \\ z &= 0 \end{aligned}$$

Niezależność ruchów

Ruch jednostajnie przyspieszony

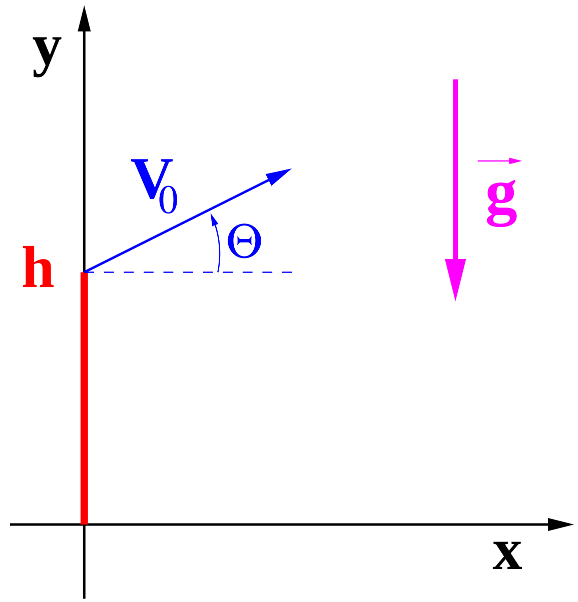
Ruch w polu grawitacyjnym

Ruch ciala w jednorodnym polu grawitacyjnym:

$$\vec{a} = \vec{g} = (0, -g, 0)$$

(wygodny wybór układu współrzędnych)

Pole grawitacyjne Ziemi możemy przyjąć za jednorodne, jeśli badamy ruch na odległościach $|\Delta\vec{r}| \ll R_Z$

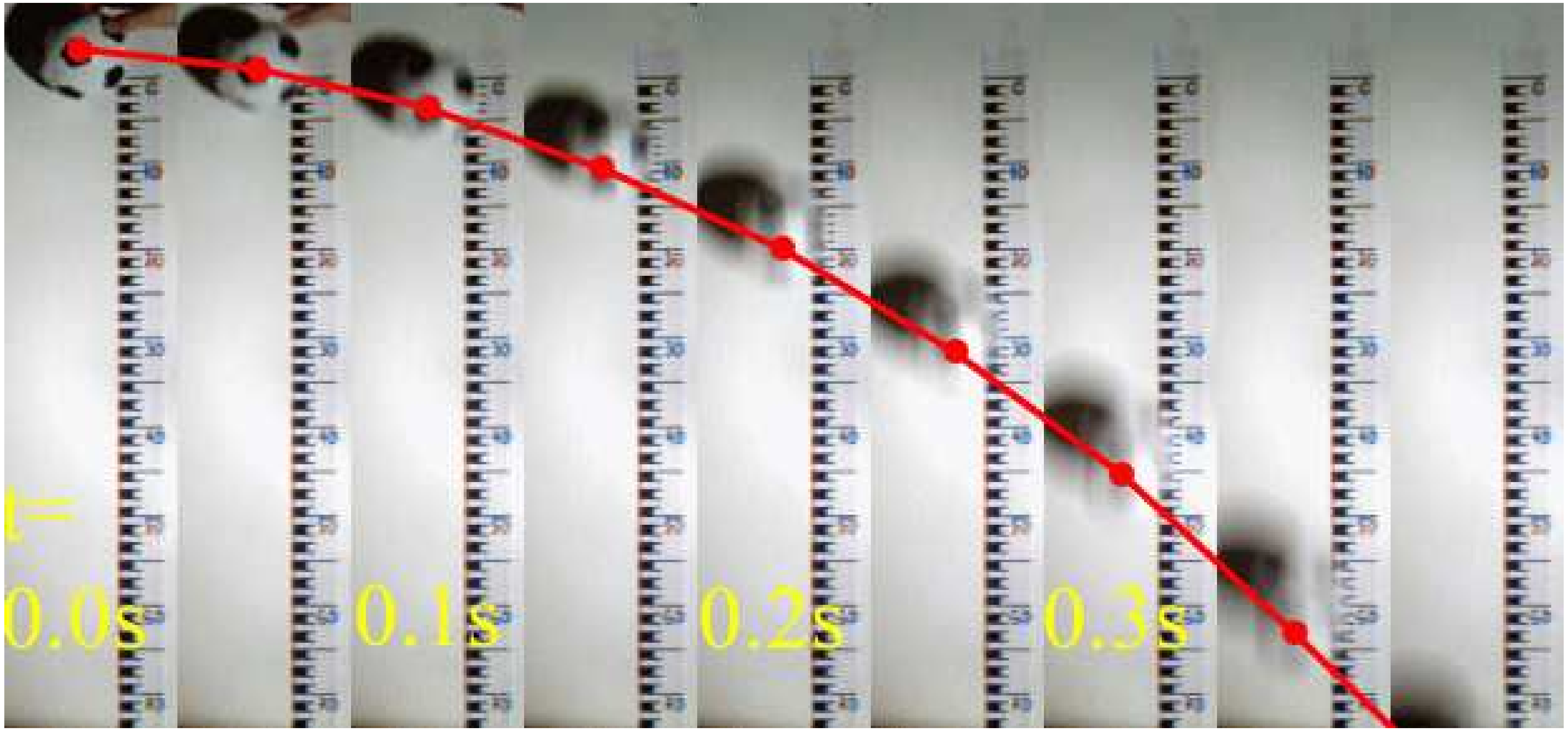


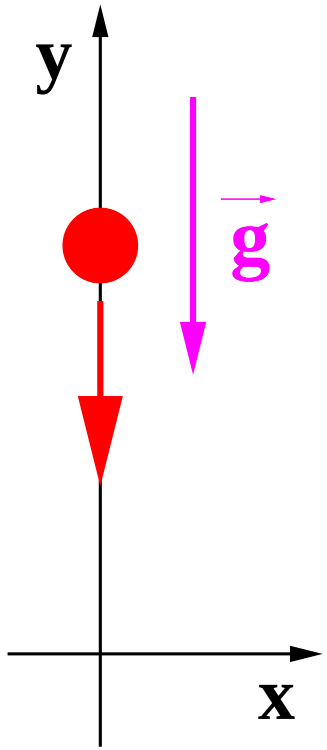
Rodzaje ruchu:

- spadek swobodny: $V_0 = 0$ (ruch prostoliniowy)
- rzut pionowy: $\theta = \pm\pi/2$ (ruch prostoliniowy)
- rzut poziomy: $\theta = 0$
- rzut ukośny: $\theta \neq 0, \pi/2, ...$

Ruch jednostajnie przyspieszony

Spadek swobodny





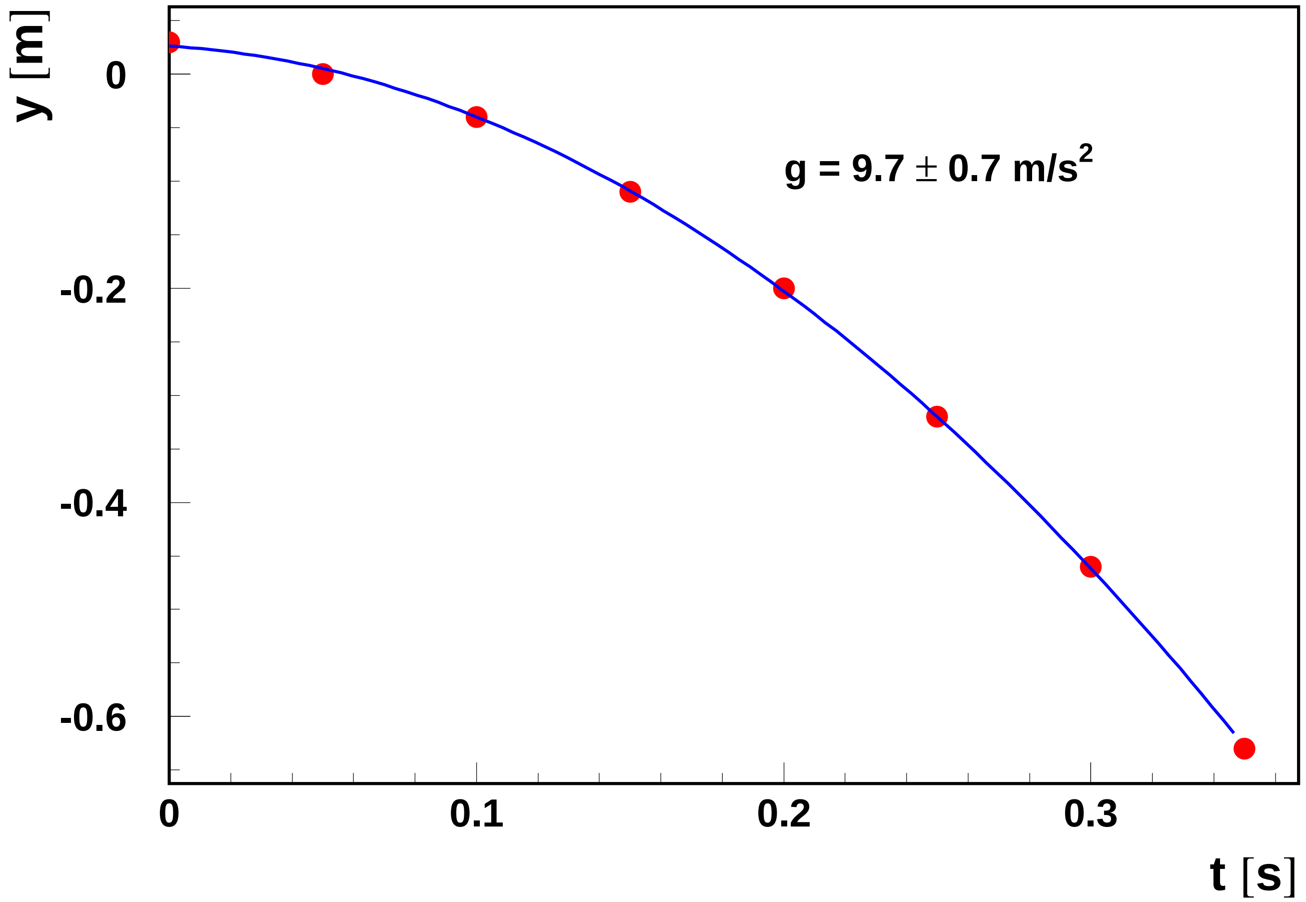
Położenie zależy kwadratowo od czasu:

$$y = h - \frac{g}{2} \cdot t^2 \qquad \text{zakładając: } y(0) = h,\ V_y(0) = 0$$

Ruch jednostajnie przyspieszony

Spadek swobodny

Wyniki “domowych” pomiarów:



Ruch jednostajnie przyspieszony

Ruch w polu grawitacyjnym

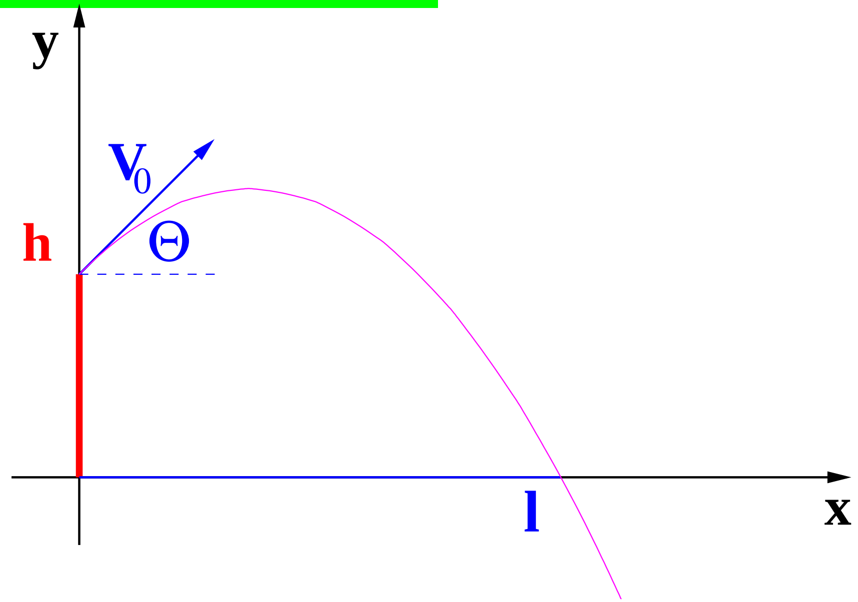
Niezależność ruchów: $t_0 = 0,\ x_0 = 0,\ y_0 = h$

$$x = V_{x,0} \cdot t = V_0 \cos\theta \cdot t$$

$\Rightarrow$ ruch w poziomie zależy tylko od $V_{x,0}$

$$\begin{aligned} y &= h + V_{y,0} \cdot t - \frac{g}{2} \cdot t^2 \\ &= h + V_0 \sin\theta \cdot t - \frac{g}{2} \cdot t^2 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$ ruch w pionie zależy tylko od $V_{y,0}$

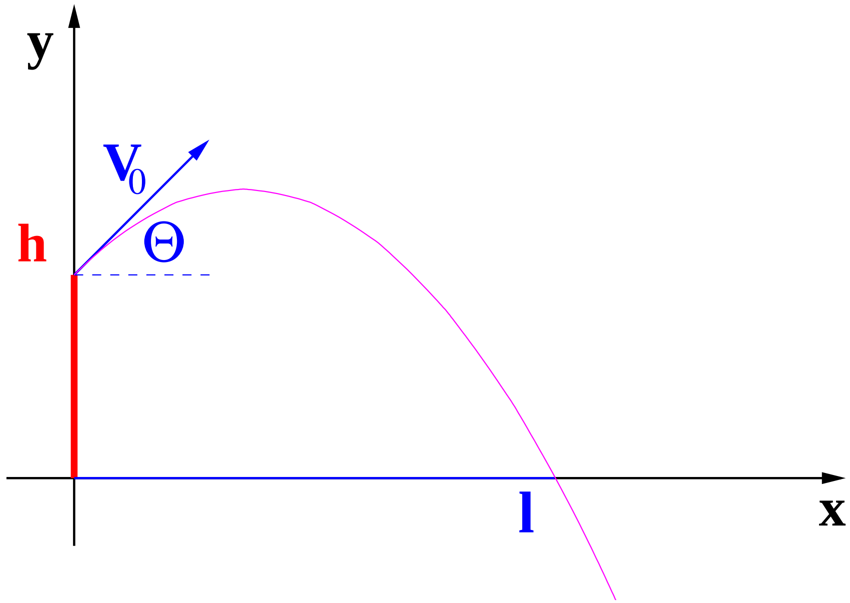


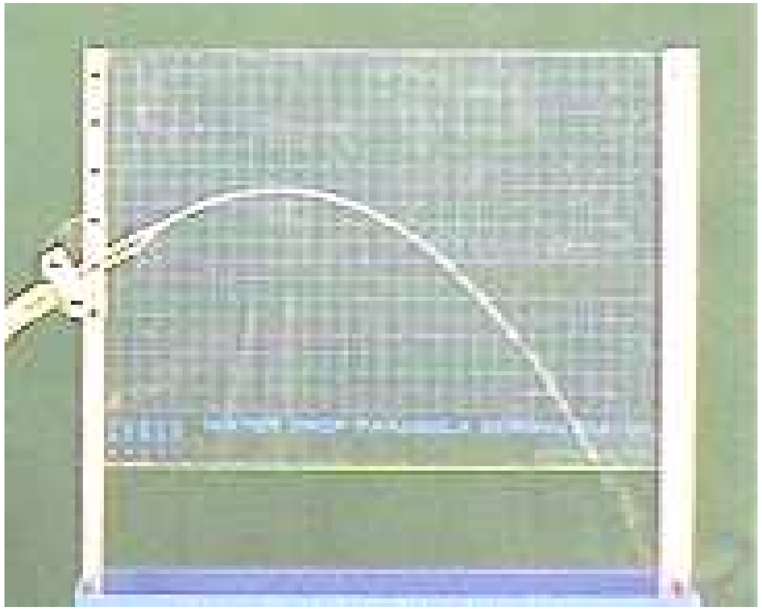
Rzut poziomy $\theta = 0 \Rightarrow V_{y,0} \Rightarrow$ czas spadania nie zależy od V_0: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Dwa ciała o tym samym $V_{x,0}^{(1)} = V_{x,0}^{(2)} \Rightarrow$ taki sam ruch w poziomie: $x^{(1)}(t) = x^{(2)}(t)$

Ruch jednostajnie przyspieszony

Ruch w polu grawitacyjnym





Tor w rzucie ukośnym: $\Rightarrow$ $y = h + x \cdot \tan\theta - x^2 \cdot \frac{g}{2V_0^2 \cos^2\theta}$ $\Rightarrow$ parabola

Zasięg dla h=0 $\Rightarrow$ $l = \frac{V_0^2}{g} \sin(2\theta)$ $\Rightarrow$ największy zasięg dla $\theta = \frac{\pi}{4}$ (45°)

Podsumowanie

Program wykładu

- Pomiary fizyczne, opis ruchu - kinematyka
- Prawa ruchu: dynamika
- Zasady zachowania
- Ruch po okręgu
- Grawitacja i Prawa Kepplera
- Elementy mechaniki bryły sztywnej
- Kinematyka relatywistyczna
- Dynamika relatywistyczna

Łącznie 13 wykładów (!)

+ 2 kolokwia

- 18 listopada 2013, SDD + Aula (Hoża)
- 13 stycznia 2014, SDD + AulaDF (Smyczki)

poniedziałki, 8^{00}–12^{00}

Zasady zaliczania

Uzyskanie pozytywnej oceny końcowej z wykładu możliwe jest po pozytywnym zaliczeniu części rachunkowej i zdaniu egzaminu teoretycznego.

Część rachunkowa

Zaliczenie części rachunkowej odbywa się na podstawie obecności na ćwiczeniach, punktów z ćwiczeń, wyników dwóch kolokwiów i części rachunkowej egz. pisemnego.

- Obecność na ćwiczeniach jest obowiązkowa.
  Bez usprawiedliwienia student może opuścić co najwyżej 4 ćwiczenia.
  Zwolnienie możliwe jest jedynie w wyjątkowych przypadkach.
- Przed ćwiczeniami należy zapoznać się z materiałem i rozwiązać zadania wstępne.
- W ramach ćwiczeń można uzyskać do 10 punktów za kartkówki
  (z zadań wstępnych lub materiału z wykładu).
- Dwa kolokwia po 3 zadania rachunkowe, każde maksymalnie po 5 punktów.
- Dodatkowo po 5 pytań testowych z materiału wykładu
  (po 1 punkcie; uwzględniane przy części testowej egzaminu).

Zasady zaliczania

Część rachunkowa

Dopuszczenie do egzaminu pisemnego: min. 15 punktów z kolokwiów i kartkówek.

W przeciwnym przypadku, część rachunkowa egzaminu pisemnego będzie traktowana jako kolokwium poprawkowe.

Egzamin pisemny: 3 luty 2014
4 zadania rachunkowe po 5 punktów

Do zaliczenia konieczne jest uzyskanie łącznie min. 25 punktów “rachunkowych” (na 60)

Zadania domowe

Nieobowiązkowe, ale moga wpłynąć na ocenę asystenta.

Będą sprawdzane jeśli zostaną oddane w terminie 2 tygodni (od odpowiednich ćwiczeń).

Część zadań kolokwialnych i egzaminacyjnych wzorowana na zadaniach domowych !

Zasady zaliczania

Część “teoretyczna”

Egzamin teoretyczny składa się z:

- testu pisemnego (30 pytań; w połączeniu z egzaminem rachunkowym)
- egzaminu ustnego

  pod warunkiem zaliczenie części rachunkowej i testu pisemnego

W przypadku gdy wyniki części rachunkowej i testu pisemnego pozwolą na zaproponowanie oceny końcowej student może zrezygnować z egzaminu ustnego.

Literatura

Podręczniki

- R. Resnick, D. Halliday, Fizyka, tom I
- H.D. Young, R.A. Freedman, Sears and Zemansky's university physics
- A.K. Wróblewski, J.A. Zakrzewski, Wstęp do Fizyki t.1
- C. Kittel, W.D. Knight, M.A. Ruderman, Mechanika (kurs berkeleyowski, t.1)
- Daniel F. Styer, Teoria względności dla dociekliwych

- A. Hennel, W. Krzyżanowski, W. Szuszkiewicz, K. Wódkiewicz, Zadania i problemy z fizyki

Internet

Materiały z wykładu, zadania na ćwiczenia i domowe będą umieszczane na stronie:

http://www.fuw.edu.pl/~zarnecki/fizyka1/fizyka1.html

Obecnie dostępne są materiały z lat ubiegłych...

Egzamin

Przykładowe pytania testowe:

1. Który z pomiarów nie pasuje do pozostałych
   A frekwencja na wykładzie
   B czas trwania wykładu
   C długość sali wykładowej
   D waga wykładowcy

2. Ile razy trzeba wydłużyć czas pomiaru, aby dwukrotnie zmniejszyć błąd statystyczny w pomiarze aktywności źródełka promieniotwórczego
   A 4
   B 2
   C 3
   D $\sqrt{2}$

3. Styczny do toru punktu materialnego jest zawsze wektor
   A prędkości chwilowej
   B prędkości średniej
   C przyspieszenia chwilowego
   D przyspieszenia średniego

4. Silnik rakietowy o stałej sile ciągu rozpędza pojazd od 0 do 360 km/h w ciągu 10 sekund. Jaką drogę pokona w tym czasie pojazd?
   A 1800 m
   B 900 m
   C 500 m
   D 360 m

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej

w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego