

Czy można zobaczyć skrócenie Lorentza?

Jacek Jasiak
Festiwal Nauki
wrzesień 2004

Postulaty Szczególnej Teorii Względności

- Wszystkie inercjalne układy odniesienia są sobie równoważne
- Prędkość światła w każdym inercjalnym układzie odniesienia jest taka sama

Tak naprawdę ten postulat nie jest niezbędny !!!

Inercjalny układ odniesienia to poruszający się ze stałą prędkością obserwator wraz ze spoczywającymi względem niego zegarami i linijkami

Co oznacza równoważność układów odniesienia?

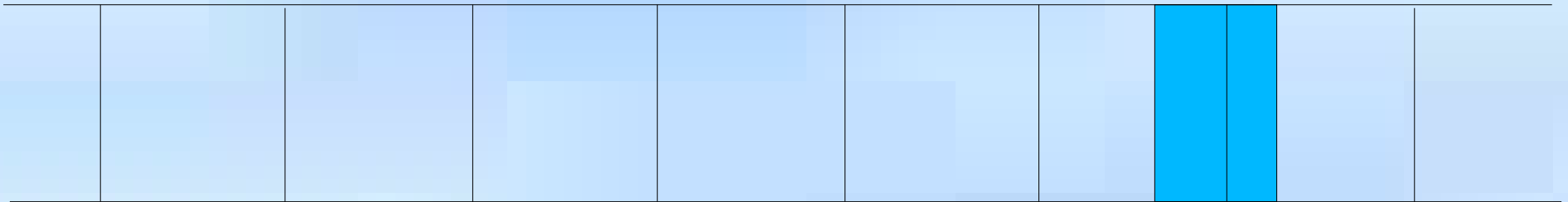
Bez wyglądania „na zewnątrz”
nie istnieje sposób na stwierdzenie,
z jaką prędkością się poruszamy!

To wymyślił już
Galileusz

Efekty relatywistyczne – rozmiar poprzeczny

Rozmiary poprzeczne do kierunku ruchu nie ulegają zmianie

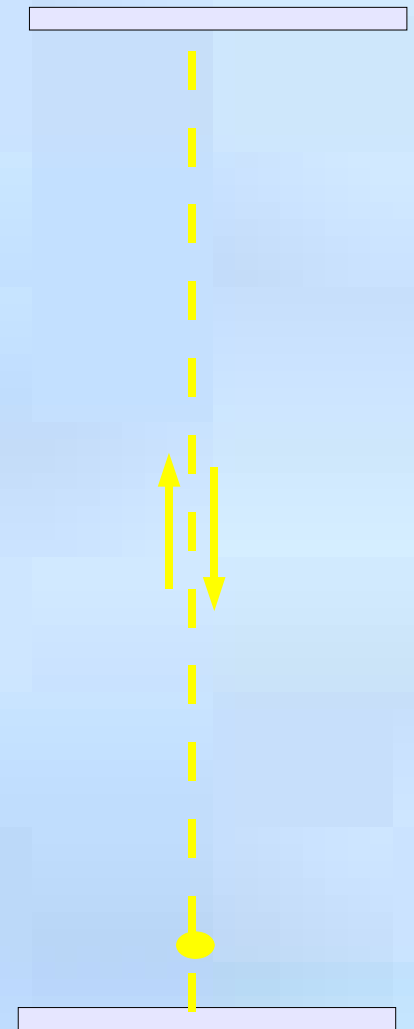
Przykład: pociąg na szynach



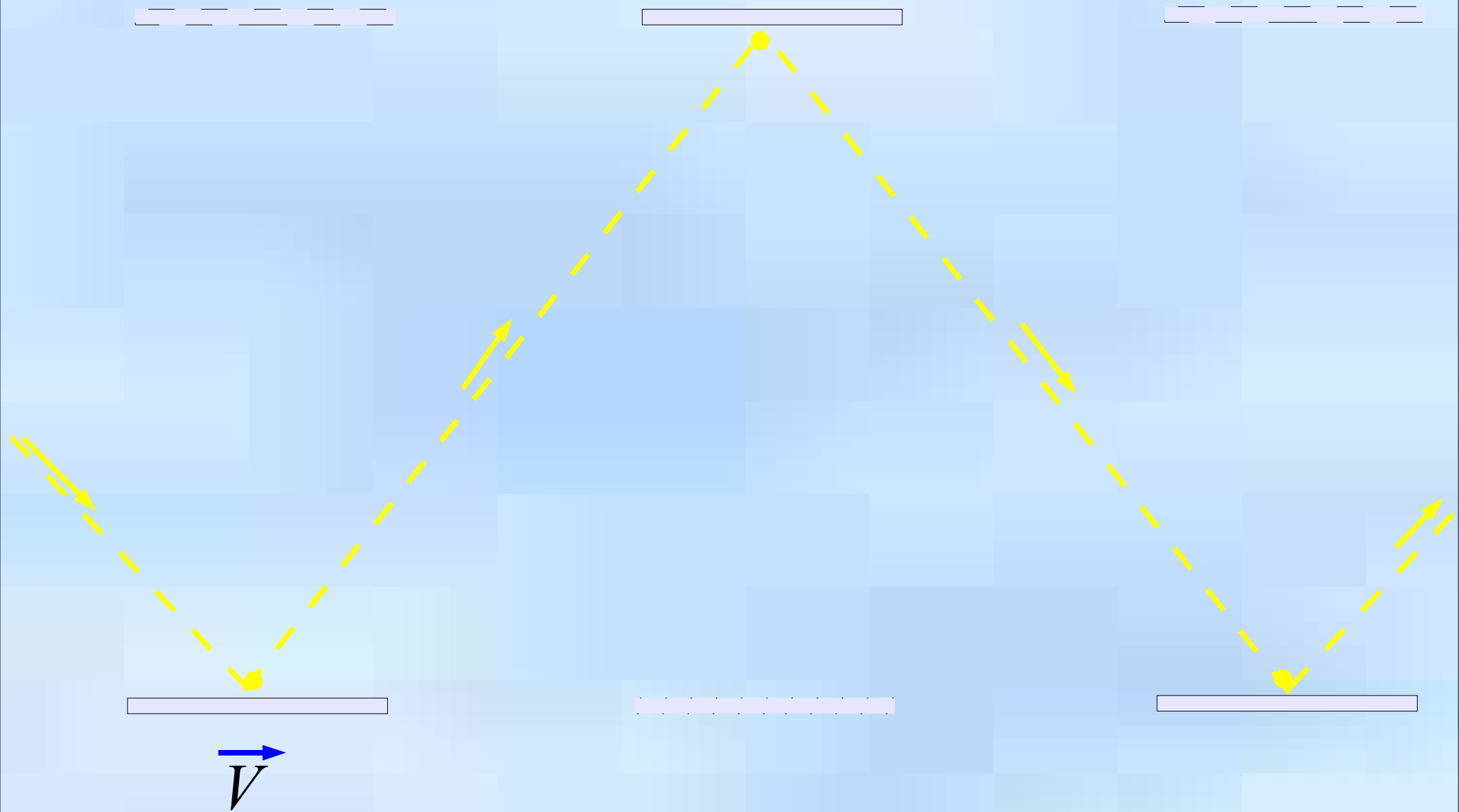
Pomiar czasu – zegar świetlny

Jak zmierzyć czas?

1. Użyć zegara z kukułką
- ...
10. Użyć zegara świetlnego:
dwa równoległe lustra
(odległe np. o 1m)
między którymi odbija się
impuls światła



Poruszający się zegar świetlny



Dylatacja czasu

Obserwator, względem którego zegar świetlny się porusza, stwierdzi, że światło przebywa większą drogę, niż gdyby zegar spoczywał.

Dla niego odstęp czasu (T') między „tiknięciami” zegara świetlnego będzie większy, niż dla obserwatora spoczywającego względem zegara (T).

$$T' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} T$$

Przykłady dylatacji czasu

Rakieta leci od najbliższej gwiazdy (ok. 4 lata świetlne) na Ziemię z prędkością 0,9 prędkości światła

Według mieszkańca Ziemi ten lot będzie trwał ok. 4,4 lat

Według pilota rakiety ten lot będzie trwał ok. 1,9 lat

Przy prędkości $0.99c$ będzie to:
dla Ziemianina: ok. 4 lat, dla pilota: 0,6 roku

Pytanie:

W jaki sposób rakietę poruszającą się z prędkością mniejszą niż prędkość światła może w czasie krótszym niż 4 lata przebyć odległość 4 lat świetlnych?

Odpowiedź:

Nie może

Rozwiązanie:

Dla pilota ta odległość jest mniejsza!

Dla odległości wzdłuż kierunku ruchu zachodzi „skrócenie Lorentza”

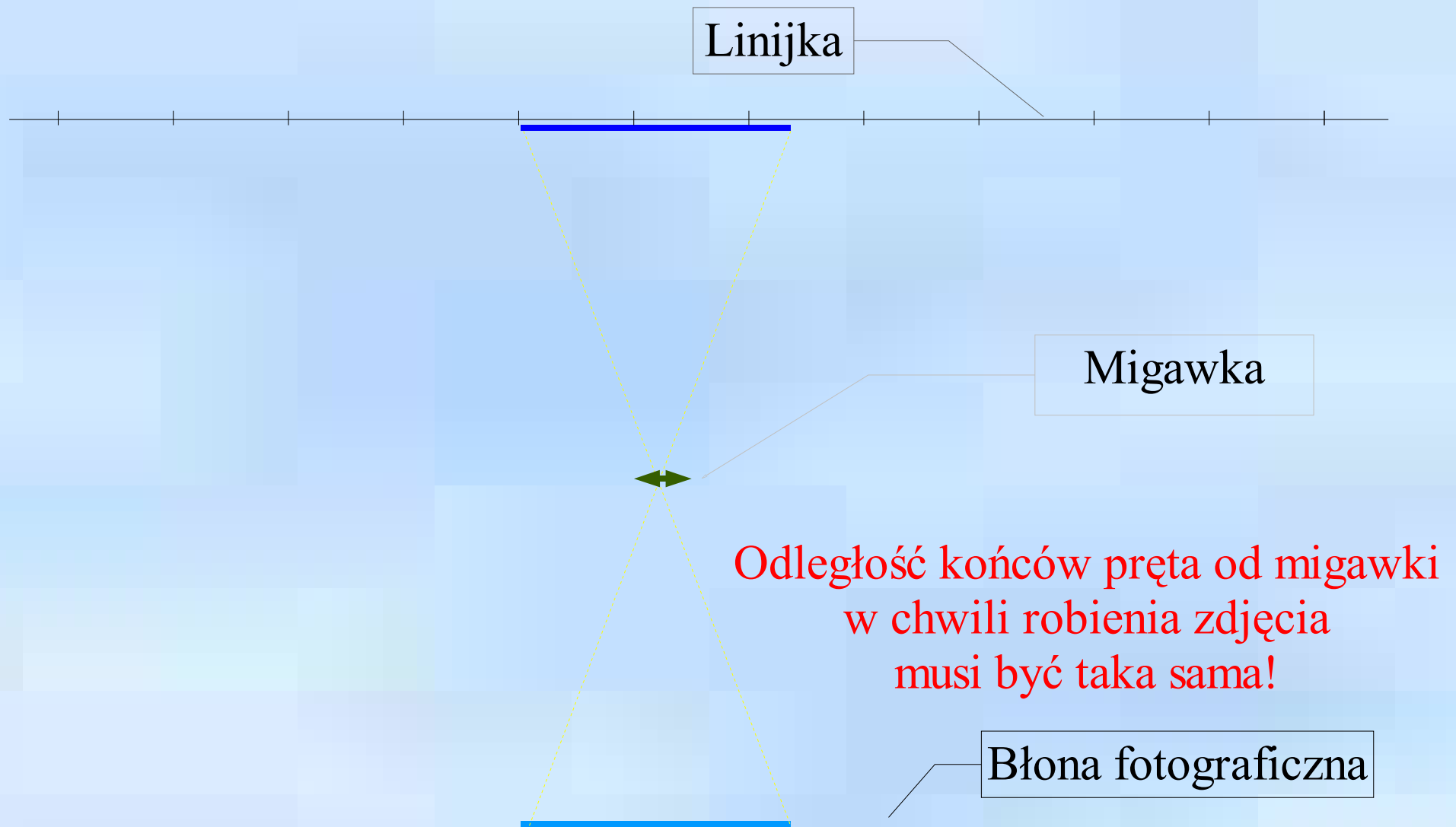
$$L' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} L$$

W jaki sposób sprawdzić, że rzeczywiście zachodzi skrócenie Lorentza?

Propozycja:

Zrobić zdjęcie poruszającego się przedmiotu na tle
nieruchomej linijki

Jak właściwie robić zdjęcia



Pytania

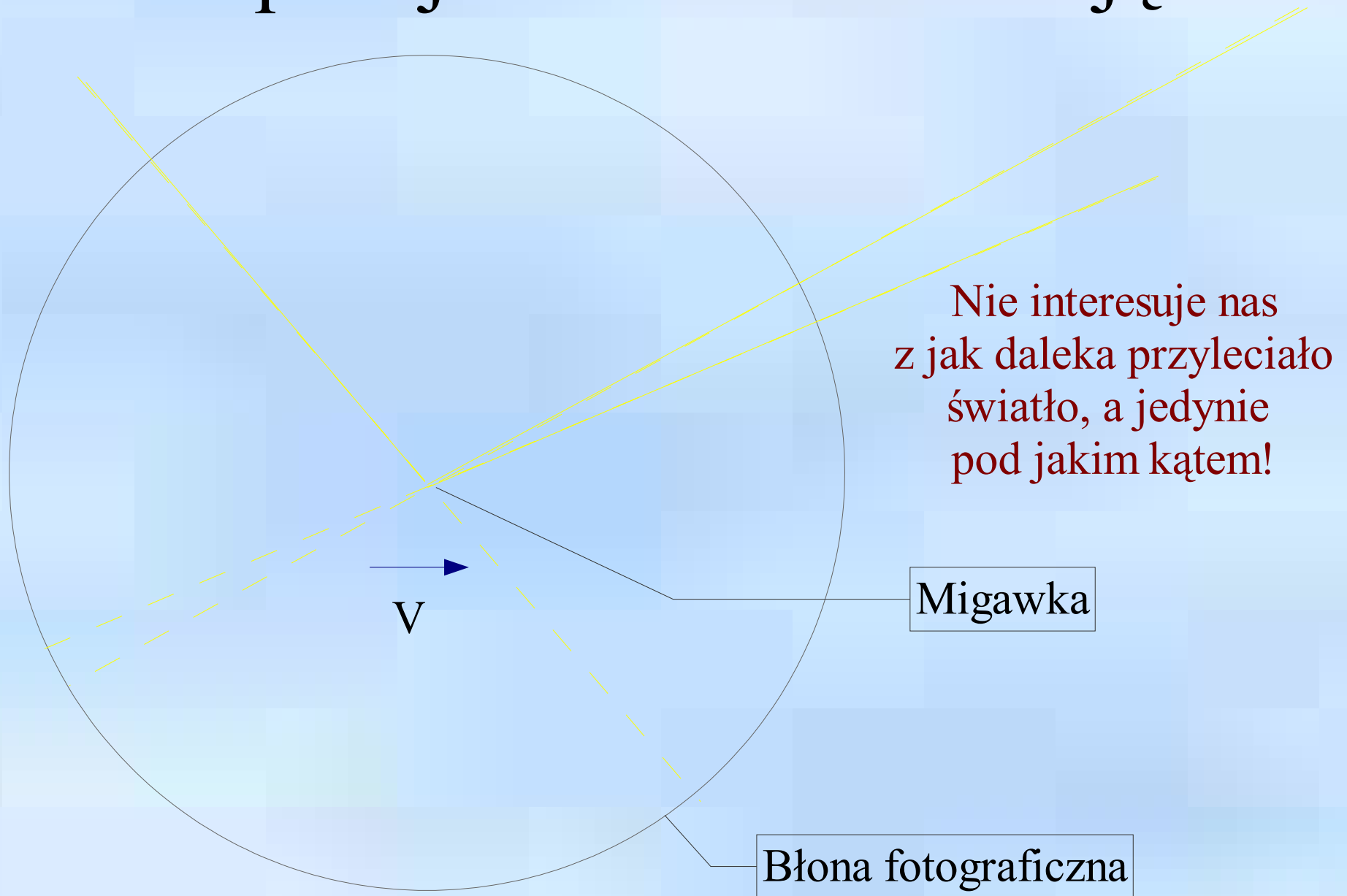
- Jak będzie wyglądać zdjęcie kwadratu?
- Jak będzie wyglądać zdjęcie kuli?
- Jak będzie wyglądać zdjęcie szybkobiegacza?
- ...

Jak uwzględnimy głębokość obiektu,
to analiza tego zagadnienia jest bardziej skomplikowana

Inne podejście do robienia zdjęć



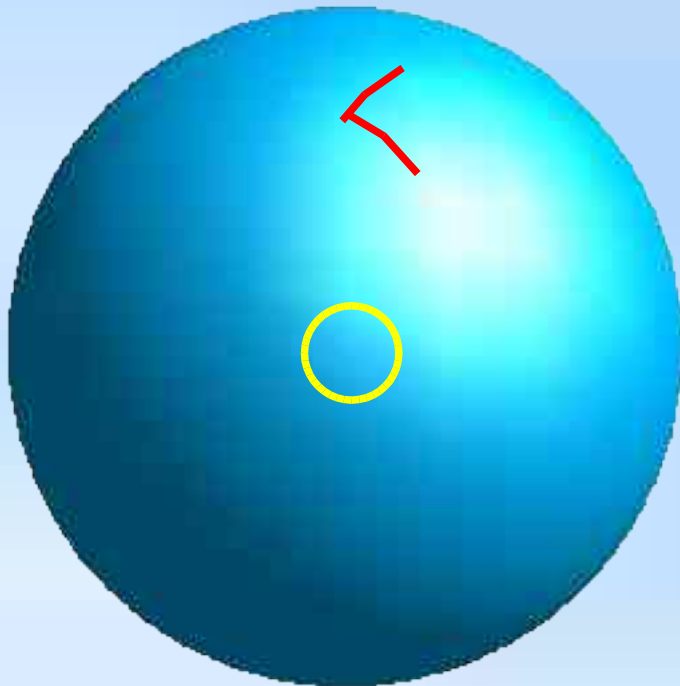
Inne podejście do robienia zdjęć



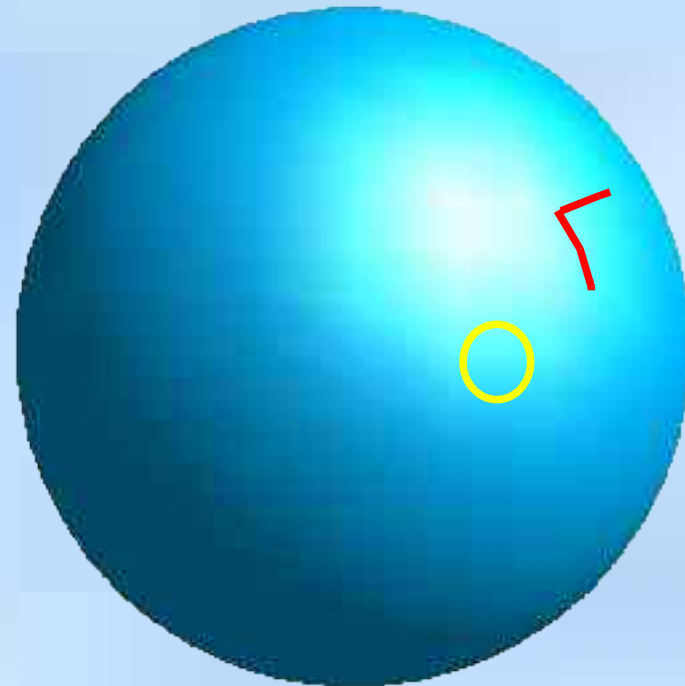
Teraz aparat (migawka, błona) porusza się z prędkością V względem poprzedniego układu

Z tego podejścia wynika, że:

- Aby wiedzieć jak wygląda szybko poruszający się obiekt, wystarczy wiedzieć jak wygląda on w spoczynku
- Widoczne na zdjęciu proporcje małego obiektu nie ulegną zmianie jeśli będzie się on poruszał z prędkością bliską prędkości światła ???!!!
- Przy tej transformacji okręgi (na sferze) pozostają okręgami



$V=0$



V



Mamy problem...

Z ostatnich rozważań wynika, że szybko poruszający się okrąg będzie na zdjęciu widoczny jako okrąg

ale

Poprzednio ustaliliśmy, że skrócenie Lorentza jest widoczne na zdjęciu, co oznacza, że szybko poruszający się okrąg powinien być widoczny jako spłaszczona elipsa

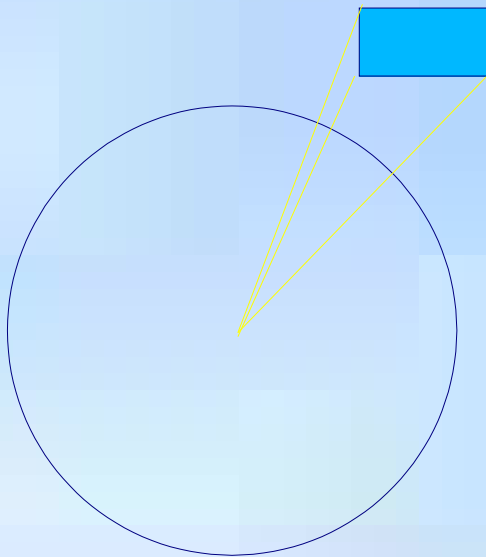
Jak jest naprawdę?

Zobaczmy najpierw jak to będzie ze sferą

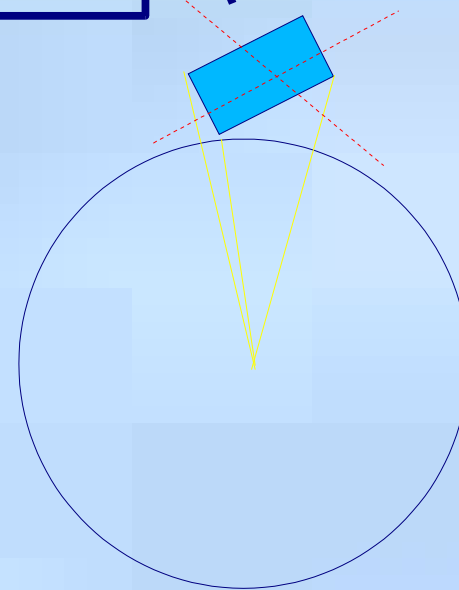
Przyjrzenie się zdjęciom szybko poruszających się obiektów sugeruje, że nie widzimy tych obiektów skróconych, a raczej obróconych

Dlatego sfera jest widoczna jak koło, ale okrąg będzie widoczny jak spłaszczona elipsa

Obiekt wygląda jak obrócony, ale w rzeczywistości nie jest obrócony



$V=0$



V

Podsumowanie

Szybko poruszające się obiekty wyglądają na zdjęciach (w przybliżeniu) jak obrócone

Skrócenie Lorentza jest jednak realnym efektem – w rzeczywistości nie mamy do czynienia z obrotem, co łatwo jest sprawdzić