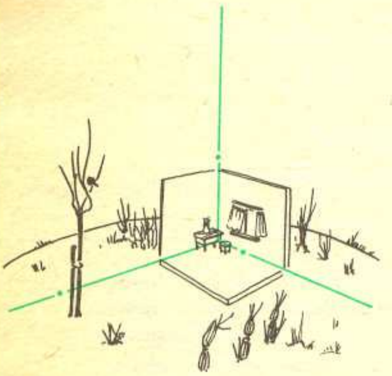
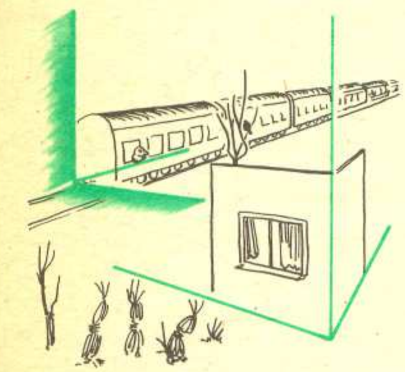
mała delta

Ruch jest względny



Położenie jakiegokolwiek przedmiotu znajdującego się w pokoju może być określone przez zmierzenie odległości przedmiotu od ścian, sufitu czy też podłogi tego pokoju. Znając zaś to położenie oraz rozmiary i rozmieszczenie innych pokoi w całym budynku bez trudu znajdziemy odpowiednie położenie względem ścian i podłóg jakiegokolwiek innego pokoju. Jedynie trudności natury technicznej powstrzymują nas od stwierdzenia, że równie łatwo rozciągnąć to postępowanie na wszystkie pokoje wszystkich budynków w okolicy, a nawet na całej kuli ziemskiej. Bez trudu można jednak zgodzić się z poglądem, że wybór pokoju nie ma istotnego znaczenia (choć ma bez wątpienia znaczenie praktyczne) i podanie odległości przedmiotu od ścian i podłogi dowolnego pokoju pozwala odpowiedzieć na pytanie, gdzie jest ten przedmiot. Wybór pewnego pokoju to nic innego, jak podanie tzw. układu odniesienia, względem którego określamy położenie przedmiotów. Stwierdzamy, że dowolnie przesunięty lub obrócony układ odniesienia jest równie dobry.

Charakterystyczną cechą wprowadzonych układów odniesienia (pokoi) było, że ich wzajemne rozmieszczenie zostało raz na zawsze ustalone. Można jednak równie dobrze wprowadzić układy poruszające się względem siebie.



Jak na przykład określić położenie rosnącego drzewa względem ścian i podłogi wagonu kolejowego, poruszającego się po prostej ze stałą prędkością równą 25 m/s (90 km/godz.). To proste, prawda? Wszystko liczy się tak samo, jak poprzednio, tyle, że w kierunku owej prostej trzeba co sekundę dodawać (lub odejmować) 25 m. Po prostu drzewo oglądane z pociągu porusza się (oddala lub przybliża) z prędkością 25 m/s.

Ograniczyliśmy się do jednostajnego i prostoliniowego ruchu pociągu, bo tak było łatwiej. To jednak nieistotne ograniczenie. Położenie, a także ruch każdego przedmiotu możemy opisywać względem jakiegokolwiek dowolnie poruszającego się układu, np. względem hamującego lub zakręcającego pociągu. Oglądany z okien pociągu ruch np. budynków nie będzie już wtedy ani prostoliniowy, ani jednostajny.

Wybór pociągu jest też oczywiście dowolny. Z każdego możemy patrzeć na wszystko, co się nam tylko podoba. Tyle, że obserwowany ruch będzie za każdym razem inny.

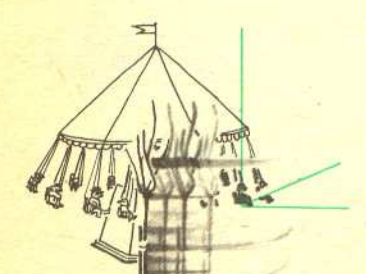
UKŁAD HELIOCENTRYCZNY KOPERNIKA

UKŁAD GEOCENTRYCZNY PTOLEMEUSZA

Tak więc wybór dowolnie poruszającego się układu odniesienia nie ma absolutnie żadnego znaczenia, choć w niektórych układach obserwowany ruch może być mniej złożony. Na przykład kamień upuszczony z okna pociągu będzie względem tego pociągu spadał po prostej, zaś względem obserwatora stojącego na zewnątrz — po pewnej krzywej zwanej parabolą. Ten drugi rodzaj ruchu jest oczywiście bardziej złożony. Układ odniesienia związany z pociągiem jest w tym przypadku lepszy.

Dla określenia ruchu planet lepszy jest układ związany ze Słońcem (układ Kopernika), bo w nim tory wszystkich planet są prawie kołowe, czego zupełnie nie widać z Ziemi (układ Ptolemeusza). Podobnie znacznie łatwiej opisać położenie np. budynków stojąc na ziemi niż kręcąc się na karuzeli.

Można więc powiedzieć, że do każdego rodzaju ruchu należy dobrać odpowiedni układ odniesienia, z którego ruch ten wygląda najprościej. Na przykład dla opisania ruchu kamienia rzuconego poziomo z pewną prędkością dobry będzie układ poruszający się jednostajnie po prostej z tą właśnie prędkością rzutu — w układzie takim kamień będzie spadał pionowo. Jeszcze lepszy byłby układ „rzucony" wraz z kamieniem.

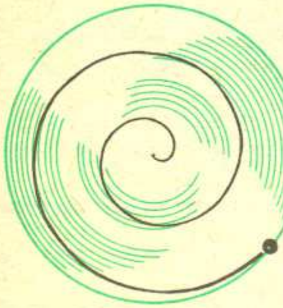


Przewidywanie nawet najprostszych ruchów przedmiotów jest jednak w niektórych układach odniesienia szczególnie trudne. Łatwo jest jedynie w układach poruszających się jednostajnie po prostej, tzw. układach inercjalnych. Wyróżnioną rolę tych układów stwierdzamy łatwo siedząc w rozpędzonym (ale nie trzęsącym) pociągu równie wygodnie, jak w domu. Każde jednak hamowanie czy też zakręt powodują pojawienie się nieznanej siły, która rzuca nas na jedną ze ścian wagonu.

Nie jest to żadna rzeczywista siła. Obserwowana z peronu cała historia wygląda tak, jak byśmy dalej bezwładnie poruszali się jednostajnie po prostej, a tylko hamujący lub zakręcający pociąg usiłował wpaść na nas ścianą swego wagonu. Występowaniem takich właśnie sił pozornych charakteryzują się wszystkie układy odniesienia nie poruszające się jednostajnie po prostej i dlatego ruch jest w takich układach szczególnie złożony.

Spróbujmy opisać ruch kulki pchniętej wzdłuż promienia kręcącej się płyty adapteru. Obserwowany z zewnątrz ruch ten będzie oczywiście bezwładnym jednostajnym ruchem po prostej (chyba, że tarcie o płytę jest za duże). Ale płyta się kręci i kulka zakreśli na niej krzywą, którą można łatwo krok po kroku wyznaczyć, znając prędkość kulki oraz częstość obrotów płyty.

Podobnie, krok po kroku (albo doświadczalnie) można wyznaczyć ruch kulki poruszającej się w dowolnym kierunku. Trzeba przy tym pamiętać, że prędkość elementu płyty jest tym większa, im dalej od środka.

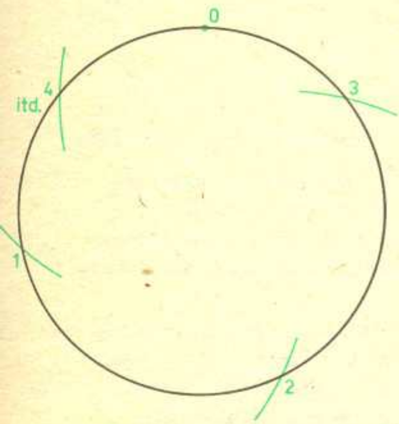


A teraz kilka **pytań**:

(i) Jaki jest ruch kamienia upuszczonego swobodnie w hamującym pociągu? A jaki w zakręcającym?

(ii) Jak waha się wahadło w hamującym pociągu?

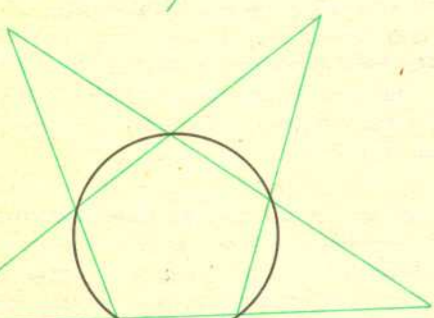
(iii) Stoimy na obracającej się tarczy i usiłujemy rzucić piłkę do kolegi stojącego na tej samej tarczy. Jak należy rzucać? A jak będzie wyglądał rzut do kolegi stojącego poza tarczą? Nie zapominajcie, że przy rzucie poruszamy się wraz z tarczą!



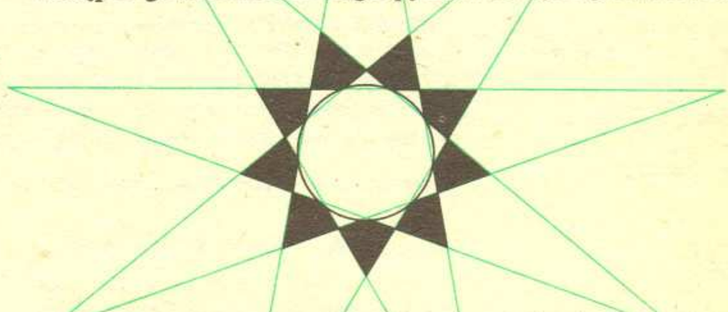
Gwiazdkowe pytania

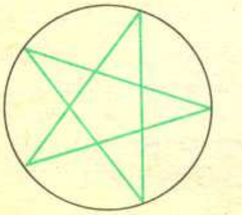
Aby narysować „równą" gwiazdkę, wygodnie jest podzielić okrąg na jednakowe części. Jeżeli będziemy okrąg dzielić cyrklem o takim rozwarciu, jakie było potrzebne do narysowania tego okręgu, to otrzymamy sześć części. A gdybyśmy chcieli podzielić np. na pięć? Wówczas najlepiej próbować na chybił trafił znaleźć odpowiednią rozwartość cyrkla. Może się udać.

Jeśli się nie uda, to możemy nie zrażać się, tylko zaznaczać następne punkty dalej, w kółko. Może uda się za drugim „obrotem". A może za trzecim.



I tu pierwsze pytanie: jeśli po wielu obrotach nasz podział się zamknie, to czy otrzymane punkty podzielą okrąg na równe części, czy niekoniecznie? W końcu jakoś podzieliliśmy nasz okrąg na równe części. Jeżeli połączymy kolejne na okręgu punkty podziału, otrzymamy bardzo marną gwiazdkę — wielokąt foremny. Jeśli jednak przedłużymy jego boki, to mogą się one ze sobą przecinać i wtedy dadzą nam następne gwiazdki. I tu drugie pytanie: ile tych gwiazdek będzie?





Dla trójkąta i kwadratu nic nowego nie otrzymamy. Dla pięciokąta foremnego będzie jedna, dla sześciokąta też jedna. A dla dziewięciokąta — trzy. Może można „z góry" wiedzieć, ile gwiazdek będzie dla siedmiokąta, a ile dla jedenastokąta? Gdy postąpimy przeciwnie, łącząc nie punkty położone najbliżej, a najdalsze, to np. w przypadku pięciokąta otrzymamy ten sam rysunek, tylko mniejszy. I tu pytanie trzecie: czy zawsze rysunek będzie taki sam w przypadku łączenia najbliższych i najdalszych punktów?