

Fizyka ciała chodzącego.

Chodzenie to codzienne doświadczenie – istotny dla życia proces fizyczno-fizjologiczno -psychiczny. Zgodnie z tytułem zajmę się fizyczną stroną tego cudownego zjawiska.

Od pierwszego rannego kroku w stronę łazienki aż po wieczorny powrót do łóżka przemieszczamy nasze ciało najpewniejszym środkiem lokomocji wspomagającym utrzymanie wieloletniej kondycji. Chodzenie to ruch bez użycia kół i trybów choć do toczenia podobny. Mało podręczników fizyki na świecie zajmuje się tym skomplikowanym procesem. Feynman, Rogers, Gamow, Hewitt, Resnick-Halliday, Sears-Zemansky, jak wielu innych autorów poza wzmianką, że tarcie jest do chodzenia przydatne, milczą na temat chodzenia. A gdy znajdą się odważni to nie mają czasu by głębiej wejść w temat i piszą banialuki.

Mimo powszechności zjawiska nie słyszałem przez 60 lat od uczniów prośby o wyjaśnienie dlaczego chodzimy? Zaś to co widziałem i słyszałem na ten temat chodzenia w Youtube – jest przerażające.

Przedstawię swój punkt widzenia.

W sztuce chodzenia główne role odgrywają trzy pary sił (akcji i reakcji – określonej przez III Zasadę Dynamiki):

Siła grawitacji (S_g)

Siła sprężystości mięśni (S_m),

Siła tarcia (S_t).

Przypomnijmy w skrócie charakter tych trzech czynników rządzących większością zjawisk fizycznych w przyrodzie.

S_g – siła od masy pochodząca, o nieograniczonym zasięgu, dążąca do przyciągnięcia wszystkiego co posiada masę. To ta siła jak na smyczy trzyma Ziemię wokół Słońca i przygniata wodę do dna oceanu pionowo w dół, każdą kroplę...

S_m – siła żywych, sprężynujących mięśni (i ścięgien), które potrafią udźwignąć nie tylko masę własnego ciała ale też np. 200 kg sztangę.

St – jak zjawia powstająca na styku dwóch ciał od momentu gdy mają się względem siebie przemieszczać, o siebie ocierać. To wyraźny dowód na istnienie mikroskopowych nierówności powierzchni wyglądających na gładkie. To siła, która znika gdy znika względny ruch. Wzrasta z siłą wzajemnego nacisku. Zawsze do tego nacisku prostopadła. Zawsze o zwrocie przeciwnym do kierunku wzajemnego ruchu. Dziwna na tyle, że najczęściej zbywana przez fizyków słowami: „natura jej wymaga głębszych badań”. Zasięg tej siły jest zerowy – znaczy bez zetknięcia się ciał. St nie istnieje – a dla różnych powierzchni, stopnia dociskania, jakości materiałów, jest inna. Pewne jest jedno: Tarcie, gdziekolwiek występuje, powoduje ogrzewanie najbliższego środowiska – zmianę energii kinetycznej ocierających się ciał, na ciepłą – nieodwracalnie.

Idziemy!

Zacznijmy od pozycji wyjściowej człowieka, który wstał z łóżka i dzięki S_m i St pokonując S_g znalazł się w pozycji pionowej.

Chcąc zrobić krok do przodu uniosł jedną nogę (S_m) i w tym momencie stracił równowagę. Niemal odruchowo (acz świadomie) podparł się wysuniętą stopą o podłogę. W tym samym czasie siła tarcia (statycznego z nazwy) zadbała o to by noga, która została z tyłu nie doznała poślizgu. A mogłaby bo pochylona do przodu kończyna ma tendencję (jak oparte o ziemię ramię drabiny) do popchania chodnika wstecz..

Ten przechył ciała do przodu najwyraźniej widać u dziecka, który uczy się chodzić. Ratuje się to jedną to drugą nóżką, przed upadkiem na nos zanim wpadnie w ramiona uradowanego rodzica, bo jeszcze samo zatrzymać się nie potrafi.

Wróćmy do przedniej nogi – podpórki przed upadkiem. Ta, piętą (obcasem) zahaczywszy o podłoże nie powinna dalej się przesuwac. Tu znowu tarcie (St) się zjawilo, wyhamowujac ruch do prędkości zerowej. Zgodnie z Trzecią Zasadą chodnik musiał być popchany w przód. Miało bowiem miejsce zderzenie niesprężyste z podłożem. Ten ważny moment najlepiej odzwierciedlają ślady stóp człowieczych na wilgotnym piasku. Tu widać wyraźnie jak żelówka ciężkiego ciała przetoczyła się z obcasa na podeszwę, która odbiła się od ziemi aby przelatując nad śladem drugiej stopy odcisnąć kolejny ślad dwa kroki dalej.



Na fot. zamrożone chwile rozkroku. Wyraźnie widać ślad „zadania ciosu” przez piętę bez śladu popychania piasku do tyłu* fot. z wikipedii „ślady na piasku”.

Powtórzmy: Przednia noga, a z nią całe ciało opadło ukosem w dół do przodu. Tarcie statyczne kazało odbić ślad stopy dźwigającej ciężar ciała gdy druga noga przelatywała by stać się pierwszą. Cały korpus podczas takiego podwójnego kroku przemieszczał się łukiem z najniższej pozycji kilka centymetrów w górę – siłą mięśni by spadać „swobodnie” o krok dalej . Teraz wszystko się powtórzy i cały spacer sprowadzi się do podnoszenia i opuszczania ciała. Dla mnie 400 metrowy spacer to około 12 kJ energii zużytej tylko na podniesienie 80 kg na 24 m zakładając, że stawiałem średnio 2 kroki na metrze.

W czasie tego podnoszenia i opadania korpusu prędkości jego nic nie zatrzymywało. To tylko stopy połowę trasy (i czasu) odpoczywały a drugą połowę nadrabiały straty. Jeśli średnia prędkość piechura wynosiła v to stopy piechura mając do dyspozycji połowę czasu musiały osiągać „w locie” średnią prędkość $2v$.

Cały ten skomplikowany proces może – w pewnych elementach - przypominać skok o tyczce, Z rozkroku – bez nabytej prędkości – ruszyć się nie da. W zainicjowanym przez pierwszy krok ruchu, przednia noga jak rozpędzona tyczka przetrzymana przez dołek pod poprzeczką podnosi ciało, które po przejściu nad najwyższym miejscem opada ... itd.

Ostatni krok – hamowanie.

Noga - aktualnie tylna - siłą mięśni wykona kontrolowane

hamowanie w powietrzu -(średnia prędkość v) od rozkroku do pozycji wyjściowej stopy razem środek masy na szczycie, pozycja spoczyn.

Spoczyn. Opisany ruch można zilustrować przy biurku: cyrklem, palcami, albo dwuzębnym widelcem.

I jeszcze „ilustracja” (absolutnie oryginalna):

|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|A|

Czerwonym kolorem oznaczyłem pozycje: prawa noga z przodu A, i prawa odpoczywa I .
Ruch zaczęła noga prawa a skończyła lewa dołączając do spoczywającej prawej. W czasie ruchu każda z nóg na zmianę nie dotykając ziemi przelatuje dwa kroki do przodu mijając po drodze nogę przeciwną, spoczywającą,

Zauważmy, że siła tarcia występuje wyłącznie jako agent zatrzymujący ruch, albo gwarantujący bezruch raz jednej raz drugiej nogi, a w rozkroku – obu nóg. Zapewnia bezpieczne chodzenie.

Wymaganie od siły tarcia inicjowania ruchu nie jest wielką pomyłką. Jest wielkim nonsensem powtarzaniem świadomie od lat. Dlaczego o tym piszę i to nie pierwszy raz? Bo w podręcznikowych opowiadaniach o chodzeniu nie ma ani Sg ani Sm. Za to jest rozkraczona nieruchoma postać, pchająca ziemię wyłącznie tylną stopą do tyłu. Nieuzasadniona ignorancja stopy przedniej.

W.D. Opole maj 2021