



II Zasada Newtona w podręcznikach szkolnych – zaproszenie do dyskusji

Wojciech Dindorf

Od Redakcji: Wojciech Dindorf zadał sobie trud i wypisał rozmaite sformułowania II Zasady Newtona. Niestety, nie wszystkie są poprawne. Sformułowania mają istotne znaczenie na zrozumienie i zapamiętanie tego fundamentalnego prawa. Wojciech Dindorf wystąpił z apelem o stworzenie, jak to nazwał, **kamiennych tablic, kanonu** z poprawnymi i zaakceptowanymi przez ogół uczących sformułowaniami najważniejszych praw fizyki. Tak by były one niejako święte i obowiązujące. Na poparcie słuszności swego apelu skompletował sformułowania II Zasady Dynamiki Newtona.

Idea jest taka: Przy dużej liczbie wydawnictw zajmujących się „produkcją” podręczników szkolnych i przy swobodzie doboru autorów, dla zlikwidowania nieścisłości w podstawowej ścisłej dyscyplinie, posiadanie takich „kamiennych tablic”, nienaruszalnych przykazań, pozwoli na ukierunkowanie myśli swobodnie wyrażanych i przekazywanych naszym uczniom – przekazywanych zresztą często za ich pieniądze.

Niech rodzice i uczniowie wiedzą, że którykolwiek podręcznik pani nauczycielka poleci, to zasadniczo będzie w tym podręczniku to samo, co w innych, tylko inaczej, z innymi „przyprawami” podane.

Wytypuję te najważniejsze, a różnie przedstawiane prawa (licząc bardzo na poprawki/propozycje od Czytelników):

1. I Zasada Dynamiki
2. II Zasada Dynamiki
3. III Zasada Dynamiki
4. Prawo Archimedesesa
5. Prawo grawitacji
6. Prawo Pascala
7. Prawo Coulomba
8. Prawo Ohma
9. I Zasada Termodynamiki
10. II Zasada Termodynamiki
11. Interpretacja Einsteina równoważności masy i energii
12. Prawa odbicia i załamania światła

Aby uświadomić Czytelnikom wagę problemu wykonuję oto czasochłonną pracę (kto to doceni?), przepisując II Zasadę Dynamiki Newtona z kilkunastu podręczników szkolnych. Są to **podręczniki dla liceów**. O kolejności zadecydowało aktualne miejsce na półce w domowej bibliotece.

Sformułowania II Zasady Dynamiki Newtona

1. *Przyspieszenie, z jakim porusza się punkt materialny, jest wprost proporcjonalne do przyłożonej doń siły niezrównoważonej, a odwrotnie proporcjonalne do jego masy* (E. Gabryelski – WSiP 1965, s. 62)

2. *Jeżeli na ciało działa siła, to porusza się ono względem inercjalnego układu odniesienia ruchem zmiennym z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do siły a odwrotnie proporcjonalnym do masy ciała. Kierunek i zwrot wektora przyspieszenia są zgodne z kierunkiem i zwrotem siły* (J. Mirecki – WSiP 1996, s. 47)

3. *Jeżeli na ciało działa stała siła, to ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym, przyspieszonym, względnie opóźnionym, z przyspieszeniem lub opóźnieniem wprost proporcjonalnym do działającej siły a odwrotnie proporcjonalnym do masy tego ciała* (K. Chyla – DEBIT 1997, s. 34)

4. *Ciało, na które działają siły niezrównoważone, porusza się względem układu inercjalnego z przyspieszeniem o wartości wprost proporcjonalnej do wartości siły wypadkowej i odwrotnie proporcjonalne do masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej* (J. Blinowski – WSiP 2002, s. 136)

5. *Siła F działająca na ciało o masie m udziela mu przyspieszenia o wartości proporcjonalnej do wartości siły, a współczynnikiem proporcjonalności jest masa m . Kierunek i zwrot przyspieszenia są zgodne z kierunkiem z zwrotem siły. (na stronie 98, podsumowując wyniki doświadczenia dodane jest, że „... doświadczenie potwierdza liniową zależność F od a ”) (M. Kozielski – WSzPWN 2004, s. 92)*

6. *Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się (czyli siła wypadkowa F_w jest różna od zera), to ciało porusza się ruchem zmiennym z przyspieszeniem, którego wartość jest wprost proporcjonalna do wartości siły wypadkowej F_w . Współczynnik proporcjonalności jest równy odwrotności masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej* (J. Salach – ZAMKOR 2004, s. 53)

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_w/m$$

7. Przyspieszenie, z jakim porusza się ciało o masie m jest wprost proporcjonalne do wypadkowej sił działających na ciało

$$\mathbf{a} \sim \mathbf{F}$$

albo

Przyrost pędu ciała jest równy iloczynowi działającej na ciało siły i czasu jej działania

$$\Delta \mathbf{p} = \mathbf{F}_w \Delta t$$

(A. Czerwińska – ZamKor 1998, s. 45 i 47)

8. Gdy na ciało działa wypadkowa siła (wektorowa suma sił działających) to ciało porusza się ruchem jednostajnie zmiennym. Kierunek i zwrot przyspieszenia ciała są zgodne z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej. Przyspieszenie ciała jest wprost proporcjonalne do siły, a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała.

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(P. Walczak, G.F. Wojewoda – Operon 2003, s. 70)

9. Jakakolwiek zmiana ruchu (kierunku czy szybkości) wymaga działania siły, zachodzi w kierunku jej działania i jest do niej proporcjonalna (W. Dindorf – WSzPWN 2003, s. 58)

10. Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się (czyli siła wypadkowa \mathbf{F}_w jest różna od zera), to ciało porusza się ruchem zmiennym z przyspieszeniem, którego wartość jest wprost proporcjonalna do wartości siły wypadkowej \mathbf{F}_w . Współczynnik proporcjonalności jest równy odwrotności masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej.

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_w/m$$

(co do przecinka identyczne z tym z [6]) czyżby nakaz odgórny wydawnictwa? Jeśli tak, to popieram. Potwierdzałoby to pogląd, że standaryzacja jest mile widziana.) (M. Fiałkowska – ZAMKOR 2002, s. 38)

11. Jeśli na ciało o masie m działa siła wypadkowa \mathbf{F} to ciało to porusza się ruchem przyspieszonym z przyspieszeniem równym ilorazowi wartości tej siły i masy ciała (J. Mostowski, Wł. Natorf, N. Tomaszewska. – WSiP 2002, s. 82)

12. Brak wyraźnego sformułowania, które można by uczniom „zadać” do zapamiętania; jest dość szeroko dyskutowany wzór

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m \quad \text{czyli} \quad m\mathbf{a} = \mathbf{F}$$

(S. Brzezowski – Operon 2002, s. 64–70)

13. Cytowane za Newtonem „*Prawo II. Zmiana ruchu jest proporcjonalna do przyłożonej siły poruszającej i odbywa się w kierunku linii prostej, wzdłuż której siła jest przyłożona.*

Jeśli pewna siła wywołuje pewien ruch, siła dwa razy większa wywoła ruch dwa razy większy, siła trzy razy większa wywoła ruch trzy razy większy itd., bez względu na to czy te siły działają jednocześnie czy stopniowo i kolejno po sobie. Ponieważ ruch jest skierowany zawsze w tym samym kierunku co siła, przeto, gdy ciało już przed działaniem siły znajdowało się w ruchu, ruch wywołany przez tę siłę, dodaje się do poprzedniego, gdy kierunki ich są zgodne lub też zostaje złożony, stosownie do kierunku obu, gdy kierunki ich tworzą pewien kąt” (G. Białkowski, W. Olifieruk – WSiP 1988, s. 124 za Newtonem)

14. *Przyspieszenie spowodowane działaniem siły na ciało jest proporcjonalne do wartości siły i ma ten sam kierunek i zwrot, co działająca siła.*

i bardziej ogólnie

Tempo zmiany pędu ciała jest równe sile działającej na ciało. Zmiana pędu ma ten sam kierunek i zwrot co siła (D. Sang, K. Gibbs, R. Hutchings (w przekł. z ang. A. Babińskiego i R. Bożka – Cambridge – Nowa Era 2002, s. 124)

Komentarza nie będzie. Każdy uważnie czytający i rozumiejący, jaki związek zachodzi między m , \mathbf{F} i \mathbf{a} musi zauważyć różnorodność nieścisłości (jeśli nie niedorzeczności) ukrytych w tych cytatach.

Sądzę, że Czytelnik zgodzi się ze mną, że uporządkowanie myśli jest tu potrzebne, że tak, jak zaakceptowaliśmy system jednostek i nie mieszamy Celsiusa z Kelvinami czy ergów z dżulami to powinniśmy nie mieszać niczego w wyrażaniu podstawowych praw Wszechświata.

Wyobraźmy sobie (teoretycznie!) zażenowanie, gdy stawiając pałę za II Zasadę uczeń nam pod nos podsunie podręcznik zatwierdzony przez MEN i udowodni, że jego wypowiedź wypływa z tego źródła?

Przestudujmy te materiały i spróbujmy **zapropionować własną zwięzłą, a poprawną, łatwo przyswajalną, atrakcyjną wersję**

II Z a s a d y D y n a m i k i

Może uda się nasze propozycje przedstawić np. Zjazdowi Fizyki? Może kiedyś w kanonach programowych Władz Najwyższych podstawowe prawa podane zostaną w obowiązującej formie?

A jak to jest u innych?

Odpowiem: chyba nieco lepiej, szczególnie w krajach angielskojęzycznych. Zacytuję II Zasadę w kilku językach bez tłumaczenia.

II Zasada w językach mniej lub bardziej obcych

15. *Cuando una fuerza actuá sobre un cuerpo, produce una aceleración en la dirección de la fuerza, que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo* (Física, Tauro..., Peru 1946)

16. *Principio de la masa (Ciekawa nazwa!). La aceleración que adquiere un cuerpo bajo la acción de una fuerza es directamente proporcional a la fuerza, e inversamente proporcional a su masa*

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(Física, Maistegui..., Argentyna 1965)

17. *Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung denjenigen geraden Linie, nach welchem jene Kraft wirkt*

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$$

(Physik Aktuell... Schiestl..., Austria 1994)

18. *A tömegpontot a ráható erő irányába gyorsítja, az erő arányos a gyoroslással és a test tehetetlen tömegéve*

$$\mathbf{F} = k\mathbf{ma}$$

(Fizika, Varga..., Węgry 1987)

19. *The acceleration of an object is directly proportional to the net resultant force acting on the object and is inversely proportional to the mass of the object. The direction of the acceleration is in direction of the net resultant force*

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

(Physics, Saxon..., USA 1993)

20. $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$, a wokół tego wzoru opowiadania o masie, o sprężynie o „free body diagram” i o jednostce siły. Brak formułki (Physics [Fundamentals of...], Haliday Resnick, John Wiley, USA 1993)

21. *The rate of change of momentum of a body is proportional to the force acting on the body and is in the direction of the force* (Physics, Pant..., Indie 1985)

22. *Ο θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής λέει: Όταν σ' ένα σώμα μάζας m ασκείται συνέχεια μια δύναμη F , τότε το σώμα αποκτάει επιτάχυνση γ τέτοια, ώστε η δύναμη νά 'ναι πάντα ανάλογη της επιτάχυνσης, δηλαδή:*

$$F = m \cdot \gamma$$

Jest po grecku niech będzie po łacinie, czyli tak jak to zapisał Newton (η Φυσική, Anastaziadne – Gutenberg, Grecja 1987, s. 35):

23. **Lex II: Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.**

Cytowane przez autorów podręczników za Newtonem (Physics..., E. Rogers, Princeton 1960, USA, s. 314 oraz A. Höfler w swoim słynnym podręczniku Physik, 1904 Vieveg und Sohn, Braunschweig)

24. *Law II: When an external force acts on a body. the product MASS. ACCELERATION varies directly as the force, and the acceleration is in the direction of the force* (Physics..., Rogers, Princeton 1960, USA, s. 131)

25. *Newton's second law states that (for equal masses) acceleration is proportional to force; and (for equal forces) acceleration is inversely proportional to mass. We can write this algebraically*

$$a = k \cdot F/m$$

(Physics, Gamow – Prentice Hall, USA 1969, s. 45, Noblista napisał podręcznik!)

26. *The rate of change of momentum of a body is proportional to the resultant force and occurs in the direction of the force* (Advanced Physics – Duncan – John Murray, Anglia 1992, s. 152)

27. *Dans un référentiel galiléen, la somme de forces $\Sigma \vec{F}$ qui s'exercent sur un système matériel à l'instant t est égale au produit de la masse m de ce système par le vecteur accélération $\vec{a}_G(t)$ de son centre d'inertie G à cet instant* (S. Bagard, M.-Ch. de La Souchère, Physique, Terminale S, Bréal, 2008)

$$\Sigma \vec{F} = \vec{a}_G(t)$$

A tak poza wszystkim: czy to nie dziwne, że tylu ludziom chce się poświęcać czas by napisać to samo, co już wielu przed nimi napisało? Nawet nie wysilają się nad oryginalnym tytułem. Większość podręczników ma ten sam tytuł „Fizyka”. Czy każdy z autorów rzeczywiście myśli, że coś nowego wymyśli?

Nie wystarczyłby jeden podręcznik szkolny na cały kraj? A może na całą Europę, jak nie na cały świat. Tu zgodność powinna być powszechna, w końcu chodzi o naukę ŚCISŁĄ, a nie jak np. w przypadku historii. Prawa przyrody zasłużyły sobie na jedno idealne opracowanie na „Principles (Bible) of Physics” i na kilkaset idealnych tłumaczeń.

Globalizacja stała się faktem. Leczymy, „urzędniczymy”, kelnerujemy, budujemy, naprawiamy, nauczamy i wykładamy, sprzątamy we wszystkich zakątkach świata. W naszych szkołach pojawiają się egzotyczne dzieci.

Może by coś zacząć „globalizować” na naszym podwórku?

Od Redakcji:

Redakcja zdecydowanie popiera stworzenie **kamiennych tablic**, jednak nie zgadza się z propozycją globalnego podręcznika. Nie po to walczyliśmy o wolność w nauczaniu. Uczniowie są różni, mają rozmaite preferencje, zdolności, możliwości i zainteresowania. Nauczyciele też różnią się między sobą. Niechaj każdy dopasuje do siebie i swoich uczniów najlepszy dla niego podręcznik. Nie muszą być zaraz dziesiątki podręczników, ale kilka dobrych na pewno jest użyteczne. Chodzi nie tylko o te „przyprawy”, o których mówi autor.

Autorzy wielu podręczników mają nadzieję, że potrafią z uczniami w jak najmniej bolesny sposób pokonać przeszkodę poznawczą, którą jest zrozumienie II Zasady. To jest piekielnie trudna zasada, nie bez przyczyny wykluwała się tak długo i w bólach. Geniusz Newtona pozwolił na jej odkrycie.

Niewątpliwie sposób sformułowania ma wpływ na zrozumienie prawa przez uczniów. Jednak wybór sformułowania, to nie konkurs piękności i właściwym kryterium jest poprawność merytoryczna, a nie atrakcyjność! Wszyscy zdajemy sobie sprawę, że zwięzłość jest bardzo ważna. Przegadane prawo jest niestrawne. Przed wyborem sformułowania trzeba rozeznaczyć, co uczeń już wie, jakie zna pojęcia, co rozumie.

Czy zna pojęcie układu inercjalnego?

Czy zna pojęcie wektora?

Czy wie, co to prędkość, przyspieszenie?

Czy wie, co to wypadkowa sił?

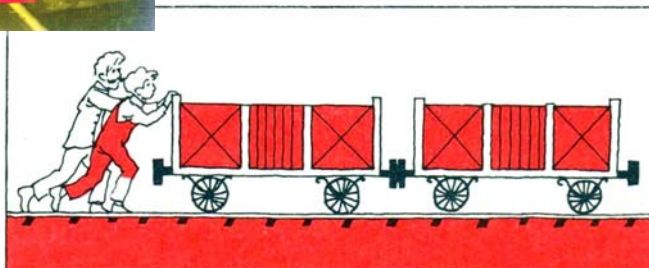
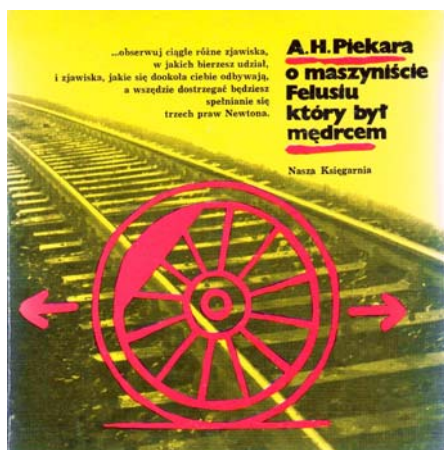
Czy zna pojęcie środka masy?

Następnie należy się zastanowić, co można (czy nawet trzeba) przyjąć jako milczące założenie (np. stałość masy ciała). Dopiero wtedy można rozstrzygnąć, czy uczeń jest gotowy na prezentację II Zasady, czy też można mu przedstawić jedynie jej „omówienie”, np. „że do zmiany ruchu potrzebna jest siła”.

Zbyt wczesna formalizacja, zamknięcie prawa w gotową formułę, często zamyka u ucznia proces dochodzenia do zrozumienia. Mamy do czynienia z werbalizacją. Z kolei zachowana w umyśle, wyuczona na pamięć POPRAWNA formuła, pomaga przy rozważaniu kolejnych przykładów, klarowaniu się pojęć, rozumieniu prawa.

Zrozumienie praw Newtona nie jest jednorazowym aktem „aha”, jest to proces rozłożony w czasie.

Artykuł Wojciecha Dindorfa, traktujemy jako zaproszenie do dyskusji, w której pierwszy głos zabrała Redakcja w osobie ZGM.



– No, to na zakończenie warto by, Olesiu, wypowiedzieć prawo, do którego doszliśmy na drodze naszych doświadczeń nie tylko w zastosowaniu do pociągu, ale w sposób ogólny...

Spróbujmy więc: *prędkość, jaką nabywa ciało pod wpływem przyłożonej do niego siły, jest...*

– *...proporcjonalna do tej siły i do czasu jej działania* – kończy Oleś – *a odwrotnie proporcjonalna do masy tego ciała.*

– Olesiu! – mówi pan maszynista. – Przeżywasz drugi ważny moment w rozwoju twego umysłu: poznałeś drugą zasadę dynamiki, czyli drugie prawo Newtona!