

51

INSTYTUT FIZYKI



UNIwersytet Jagielloński

SEKCJA NAUCZYCIELSKA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

ZESZYT 4

1997

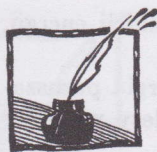
# FOTON

ZESZYT DYDAKTYCZNY 4



O trudnościach w rozumieniu pojęcia energii





## Energia dla początkujących w ujęciu Szkoły Karlsruhe

Z. Gołąb-Meyer

Falk i Herrmann, autorzy tzw. Szkoły Karlsruhe [1],[2] zaproponowali podejście pozwalające ich zdaniem łatwo pokonać wiele trudności występujących przy poznawaniu pojęcia energii.

Koncepcję wprowadzania energii można prześledzić na przykładzie podręcznika do fizyki dla klas 5 i 6 Falka i Herrmanna *Neue Physik — Energiebuch* [3].

Książka jest rezultatem kilku lat pracy kilkunastoosobowego zespołu. Była testowana na przeszło 1000 uczniach. Autorzy książki twierdzą, że książka spełnia następujące warunki:

1. Jest poprawna z naukowego punktu widzenia.
2. Od samego początku nauczania fizyki wskazuje na analogie struktury praw fizyki opisujących różne zjawiska, może być więc doskonałym pomostem pomiędzy różnymi naukami przyrodniczymi (biologia, chemia).
3. Pojęcia wprowadzane w książce są łatwe do wizualizacji.
4. Wprowadzanie do energii w klasach 5 i 6 jest elementem tzw. projektu Karlsruhe [1], który stanowi jednorodne ujęcie fizyki od kursu wstępnego dla dzieci w szkole podstawowej do kursu uniwersyteckiego.
5. Wyniki nauczania są bardzo obiecujące.

Jako centralne pojęcie podręcznika autorzy wybrali pojęcie energii ponieważ:

1. Energia jest kluczowym pojęciem dla zrozumienia zjawisk życia codziennego.
2. W naukowym opisie rzeczywistości energia też jest pojęciem bardzo ważnym.

W swoim ujęciu autorzy posługują się wielkościami fizycznymi ekstensywnymi, które nazywają substancjalnymi – fundamentalnymi w całej fizyce [2]. Można mówić o ich rozkładzie w przestrzeni, o ich gęstości. Mogą one spełniać (lub nie) równanie ciągłości. Z dydaktycznego punktu widzenia ważne jest to, że mogą być przedstawione jako rodzaj substancji, która może być rozmieszczona w przestrzeni.

Wielkości substancjalne to: energia, entropia, ładunek elektryczny, pęd, kręt, ilość materii. Można mówić o ilości energii w pewnym obszarze przestrzeni, o przepływie energii od jednego ciała do drugiego. Różne procesy występujące w przyrodzie mogą być w sposób prosty przedstawione i opisane ilościowo tymi samymi formalnymi prawami opisującymi przepływ tych

wielk  
stan  
diag  
K  
być p

N  
energ  
stan  
N  
możn  
W m  
jak h  
pows

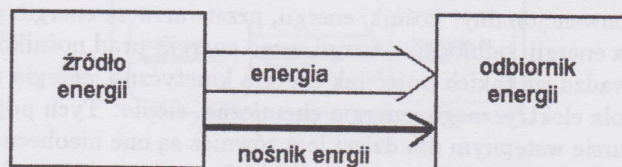
Książ

1. E
2. Ż
3. N
4. N
5. E
6. P
7. L
8. Ś
9. K
10. P

<sup>1</sup>T  
możn  
I<sub>e</sub> str  
I<sub>a</sub> str  
I<sub>n</sub> str  
I<sub>p</sub> str  
I<sub>s</sub> str  
φ pot

wielkości substancjalnych. Opis procesów fizycznych poprzez wielkości substancjalne jest łatwy do uchwycenia bez wzorów matematycznych za pomocą diagramów.

Kluczowe pojęcie książki – energia i jej rozmaite sposoby transportu może być przedstawiana na poniższym diagramie:



Na samym początku podręcznika autorzy przekonują uczniów o tym, że energia może przepływać zawsze z przynajmniej jedną inną wielkością substancjalną, którą nazywają **nośnikiem energii**<sup>1</sup>.

Nośniki energii są pojęciami bardzo prostymi do uchwycenia dla dzieci, można je zobaczyć i zmierzyć. Są nimi bowiem jedzenie, paliwo, woda, wiatr. W miarę postępów w nauce wprowadza się nośniki bardziej abstrakcyjne, takie jak ładunek elektryczny czy kręt. Nośnik energii jest wyrażeniem obecnie powszechnie i często używanym.

Książka podzielona jest na 15 jednostek:

1. Energia i jej nośniki.
2. Źródła i odbiorniki energii
3. Nośniki energii: olej napędowy, pas transmisyjny, sprężone powietrze.
4. Nośniki jednokrotnego i wielokrotnego użytku.
5. Elektryczność jako nośnik energii.
6. Prąd energii i prądy nośników energii.
7. Ładunek energii w nośniku energii.
8. Światło jako nośnik energii.
9. Kręt jako nośnik energii.
10. Przetwarzacze energii.

<sup>1</sup>To stwierdzenie można traktować jako prawo przyrody. Przepływ energii  $I_e$  (moc) można zapisać jako  $I_e = \phi I_a + \mu I_n + \vec{v} \cdot \vec{I}_p + T I_s + \dots$  gdzie  
 $I_e$  strumień energii (konwencjonalnie moc)  
 $I_a$  strumień ładunku (konwencjonalnie natężenie prądu)  
 $I_n$  strumień molarny (przeływ materii)  
 $\vec{I}_p$  strumień pędu (konwencjonalnie siła)  
 $I_s$  strumień entropii  
 $\phi$  potencjał elektryczny,  $\mu$  potencjał chemiczny,  $\vec{v}$  prędkość,  $T$  temperatura bezwzględna.



11. Elektromagnes i silnik elektryczny.
12. Pojemniki energii.
13. Odprowadzanie "ciepła" (Chłodzenie).
14. Substancje i ich własności.
15. Nośnik energii: paliwo + tlen.

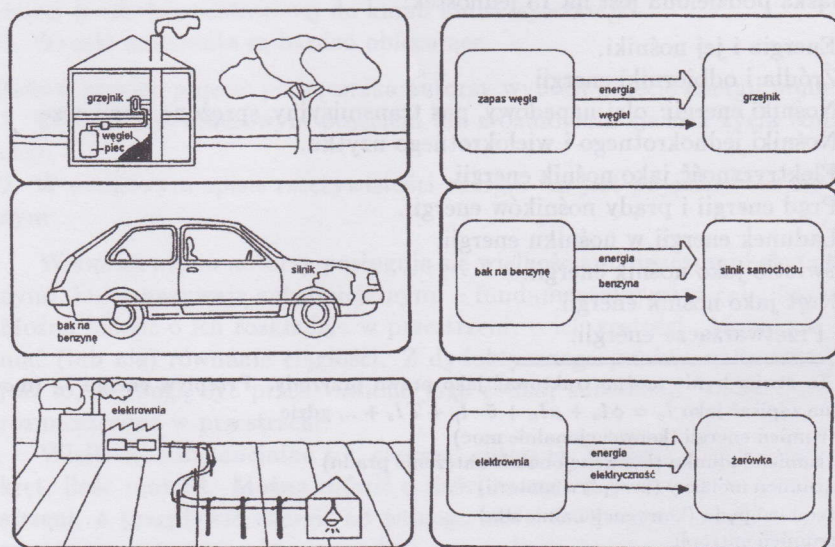
W porównaniu z klasycznymi pojęciami fizycznymi autorzy wprowadzają komplet niekonwencjonalny: nośniki energii, przetwarzacze energii, pojemniki energii, źródła energii, odbiorniki energii, prąd energii, prąd nośników energii.

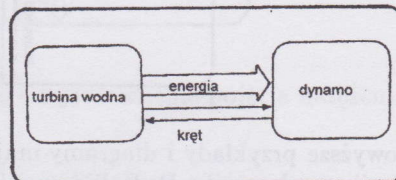
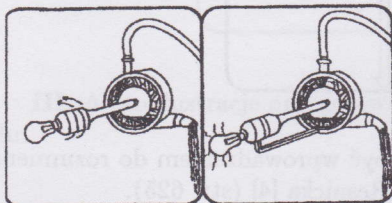
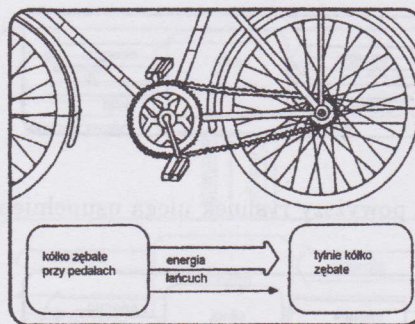
Nie wprowadza się takich pojęć jak energia kinetyczna, energia potencjalna, energia pola elektrycznego, energia chemiczna, ciepło. Tych pojęć nie ma nie tylko w kursie wstępnym dla dzieci lecz również są one nieobecne w kursie uniwersyteckim. Autorzy uważają, że pojęcie *formy energii* jest nieodpowiednie a nawet mylące (patrz [1]).

Frederick Herrmann, który ma duże doświadczenie w pracy z dziećmi zdaje sobie sprawę z nakładania się znaczeń pojęć w języku potocznym i w fizyce. Bardzo starannie dobiera przykłady i ich opis, by uniknąć wynikających z tego nieporozumień i ukierunkowywać intuicję uczniów w dobrym kierunku.

### Przykłady:

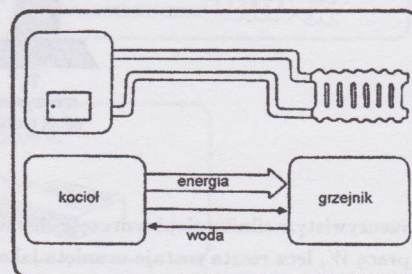
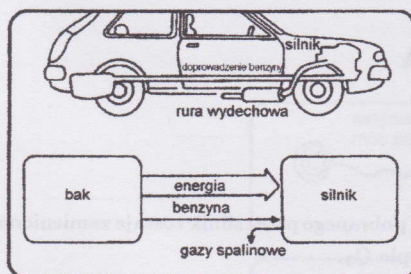
I. Zobaczymy jak kolejno są wprowadzane różne nośniki energii: węgiel, benzyna, elektryczność, napięty łańcuch bardziej abstrakcyjny kręt.



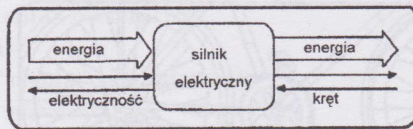


**II.** Autorzy przygotowują dzieci do zrozumienia drugiego prawa termodynamiki. Proszę to porównać z propozycją Ogborna zamieszczoną w tym *Fotonie*. Proszę zwrócić uwagę na strzałki na poniższych diagramach. Oznaczają one wylot gazów spalinowych z samochodu, powrót wystudzonej wody do kotła centralnego ogrzewania, odpływ gorącego powietrza od silnika elektrycznego.

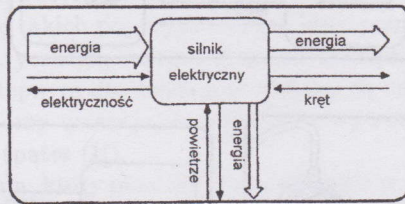
Autorzy stopniowo objaśniają zjawisko. W pierwszym podejściu (rysunek na str. 3) zignorowano np. rurę wydechową w samochodzie.



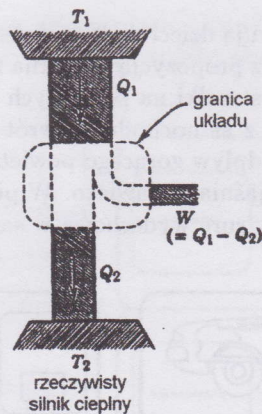




W toku nauczania powyższy rysunek ulega uzupełnieniu:

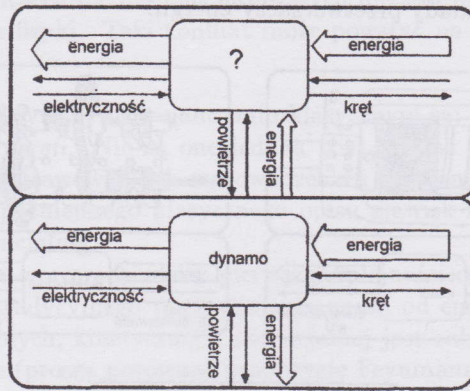


Powyższe przykłady i diagramy mają być wprowadzeniem do rozumienia ilustracji z podręcznika D. Hallidaya i R. Resnicka [4] (str. 625).

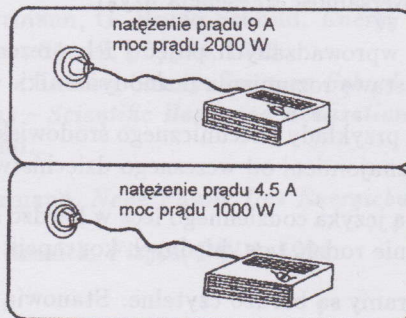
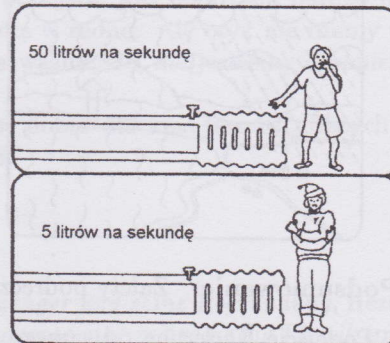
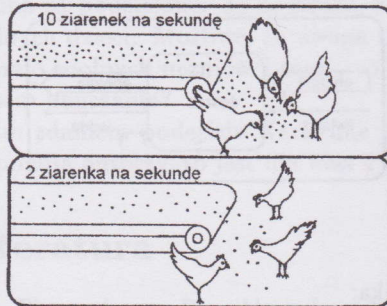


W rzeczywistym silniku cieplnym część ciepła  $Q_1$  pobranego przez silnik zostaje zamieniona na pracę  $W$ , lecz reszta zostaje usunięta jako ciepło  $Q_2$ .

W jednostce 13 dyskutowany jest problem *perpetuum mobile* na przykładzie relacji pomiędzy silnikiem elektrycznym a dynamem. Oto odpowiednie diagramy do dyskusji nad zbudowaniem *perpetuum mobile* z układu dynamo-silnik.

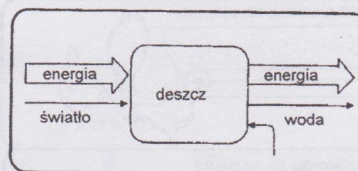
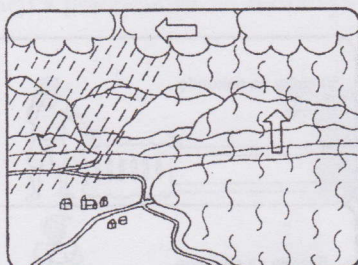
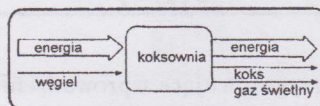
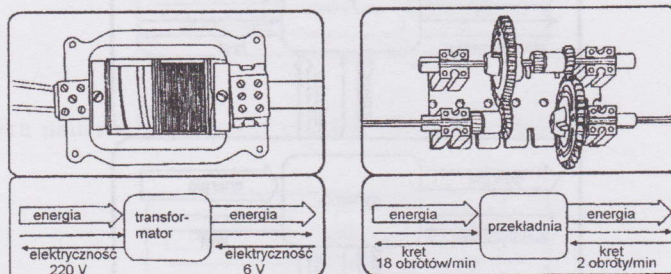


III. A oto ilustracje przygotowujące wprowadzenie pojęcia natężenia prądu.





IV. A oto przykłady przetwarzaczy energii:



**Podsumowanie:** Zalety podręcznika:

1. Podejście Karlsruhe od samego początku nauczania wskazuje analogie w przebiegu różnych zjawisk fizycznych i na uniwersalność opisu tych zjawisk. Ta uniwersalność to esencja fizyki.
2. Zarówno dobór wprowadzanych pojęć i ich prezentacja przygotowują prawidłową podstawę rozumienia termodynamiki.
3. Autorzy czerpią przykłady z technicznego środowiska uczniów, z którym uczniowie są obznajomieni od wczesnego dzieciństwa.
4. Autorzy używają języka codziennego lecz w bardzo starannie dobranych kontekstach by nie rodzić tzw. błędnych koncepcji.
5. Ilustracje i diagramy są bardzo czytelne. Stanowią jedną z najmocniejszych zalet książki.



6. Propozycja Karlsruhe dla klas najniższych nie stoi w kolizji z tradycyjnym kursem fizyki. Taki konflikt może powstać na wyższych etapach nauczania.

Pojęciami nie używanymi w nauczaniu klasycznym są: *prąd energii, moc, prądy nośników energii*. Nie są one jednak zbyt trudne i abstrakcyjne dla uczniów szkoły podstawowej. Ich wprowadzenie i używanie w żadnym stopniu nie utrudnia późniejszego klasycznego opisu zjawisk za pomocą energii kinetycznej i potencjalnej.

Wydaje się, że wprowadzenie w pierwszej kolejności ogólnego pojęcia energii w miejsce tradycyjnego rozpoczynania nauki od energii mechanicznej punktów materialnych, kinetycznej i potencjalnej jest zabiegiem uzasadnionym dydaktycznie (proszę porównać propozycję Feynmana).

Przekład polski książki Falka i Herrmanna rozdano parunastu nauczycielom fizyki szkół podstawowych (oraz ich uczniom). Opinie nauczycieli były bardzo pozytywne.

W zespole redakcyjnym *Fotonu* opinie na temat podejścia Falka i Herrmanna są podzielone. J. S. uważa, że podejście jest dobre dla bardzo mało zdolnych dzieci. Możliwe, że uwaga trafia w sedno. Ale czyż nie mamy wielu mało zdolnych uczniów i czyż, co najważniejsze, nie jesteśmy ograniczeni czasem nauczania?

Moim zdaniem podejście Karlsruhe jest dobre dla klas jeszcze niższych niż proponują autorzy, to jest dla klas 4 i 5.

## Literatura

- [1] *Ein moderner Physikkurs fuer Anfaenger und seine Begrundung*, Herausgeber G. Falk, F. Herrmann, in *Konzepte eine zeitgemaßig Physik unterrichts*, Schroedel, 1979.
- [2] G. Falk, F. Herrmann, G. Bruno Schmid, *Energy forms or energy carries?*, A. J. Phys., **51**, 12, p. 1074, 1983.  
także materiały z Letniej Szkoły *Summer School on New Concepts in Physics Teaching – Scientific Basis and Realization in School*, maj 1987, Zakopane, Poland.
- [3] G. Falk, F. Herrmann, *Neue Physik Das Energiebuch*, Schroedel, 1985.
- [4] D. Halliday, R. Resnick, *Fizyka*, PWN, 1994.