

Czym jest sprawność urządzeń mechanicznych?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Czym jest sprawność urządzeń mechanicznych?

Czy to nie ciekawe?

Każde urządzenie wykonujące pracę – to znaczy zamieniające jeden rodzaj energii w inny – posiada pewną sprawność. Możemy zatem mówić, na przykład, o sprawności silnika dźwigu, który zamienia dostarczaną z sieci energię elektryczną w energię potencjalną podnoszonego przedmiotu. Sprawność opisuje, jak skutecznie dane urządzenie przeprowadza daną przemianę. Dla każdego rzeczywistego urządzenia jest ona mniejsza niż 1. Jak obliczyć sprawność? Dlaczego nie może ona być równa 1? W tym e-materiale odpowiemy na te pytania.

Twoje cele

Pracując z tym e-materiałem:

- poznasz pojęcie sprawności;
- zinterpretujesz sens fizyczny tej wielkości;

- zastosujesz zdobytą wiedzę do obliczania sprawności urządzeń.

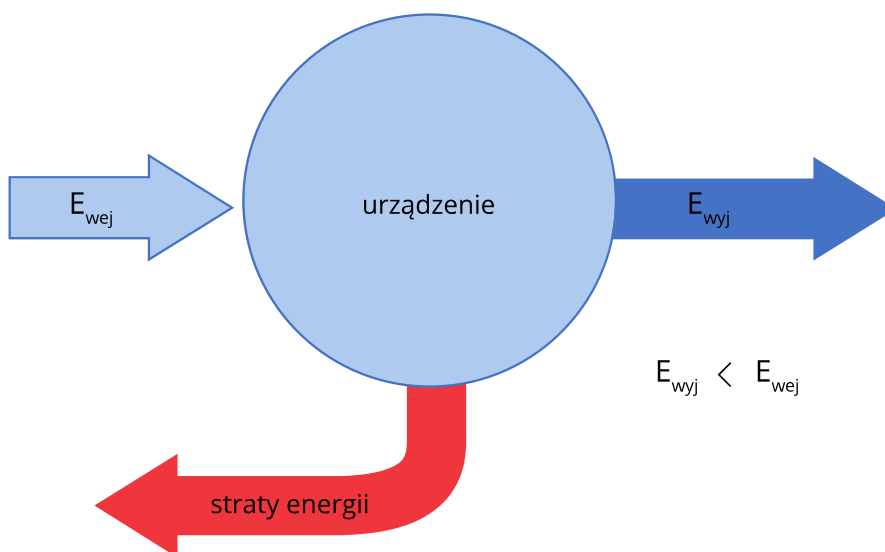
Przeczytaj

Warto przeczytać

Wielkość fizyczna zwana **sprawnością** opisuje, jak skutecznie dane urządzenie zamienia jeden rodzaj energii w inny. Sprawność możemy podać dla każdego urządzenia, w którym zachodzi taka przemiana – przykładowo, w przypadku samochodu sprawność silnika wskazywać będzie, jaka część energii chemicznej uzyskanej podczas spalania benzyny zostanie zamieniona w energię kinetyczną pojazdu. W przypadku miksera – jaka część energii elektrycznej ulegnie przemianie w energię kinetyczną ruchu łopatek. Innymi słowy, sprawność urządzenia mówi nam o tym, jaka część energii dostarczonej do układu w pierwotnej formie ulegnie zamianie na inną, często bardziej użyteczną postać energii.

Efektywność przemian energii

Przyjmijmy, że dostarczamy do układu energię E_{we} , z której część zostanie zamieniona w inną, użyteczną formę. Część tę nazwijmy E_{wy} . Pozostała część energii zostaje stracona, np. na skutek wydzielania ciepła, światła lub dźwięku, działania sił tarcia itd. Schematycznie ilustruje to Rys. 1.



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie przemian energii w urządzeniu mechanicznym. Strumień energii wchodzącej (E_{we}) zostaje podzielony na strumień użytecznej energii wychodzącej

(E_{wyj}) oraz na strumień energii "utraconej", czyli nieprzydatnej w dalszej pracy tego urządzenia.

Przy tak określonych wielkościach, sprawność η (czytaj: eta) jest zdefiniowana następująco:

$$\eta = \frac{E_{wyj}}{E_{wej}}$$

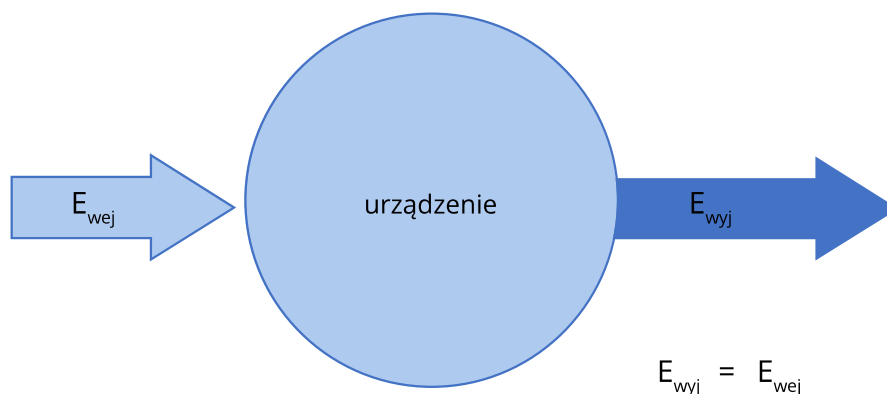
Jak widzisz, sprawność, jako iloraz dwóch wartości energii, jest wielkością bezwymiarową. Identyczną relację możemy zapisać, biorąc pod uwagę moc urządzenia:

$$\eta = \frac{P_{wyj}}{P_{wej}}$$

W tym przypadku P_{wej} oznacza moc (energię w jednostce czasu) dostarczaną do urządzenia, natomiast P_{wyj} – moc, po przekształceniu jej w urządzeniu w bardziej użyteczną formę.

Sprawność ma ograniczoną wartość.

Z powyższego wzoru wynika, że maksymalna sprawność danego urządzenia może wynieść 1. Wartość ta jest osiągnięta tylko wtedy, gdy energia opuszczająca układ jest dokładnie równa energii dostarczonej. Taki warunek byłby spełniony przy założeniu braku wszelkich strat energii. Istnienie takiego urządzenia jest, zgodnie z prawami fizyki, niemożliwe, gdyż łamałoby ono [II zasadę termodynamiki](#) (informacje na jej temat znajdziesz w e-materiałach „Jak brzmi [II zasada termodynamiki?](#)” oraz „Jak zinterpretować [II zasadę termodynamiki?](#)”). Jako ciekawostkę możemy dodać, że urządzenia, które (hipotetycznie!) pracowałyby wbrew [II zasadzie termodynamiki](#), nazywają się *perpetuum mobile drugiego rodzaju*. Ogólny schemat działania takiego urządzenia (Rys. 2.) byłby nawet prostszy niż urządzenia rzeczywistego .



Rys. 2. Schemat urządzenia pracującego jak perpetuum mobile II rodzaju. Następuje przemiana energii wejściowej w inną formę energii - wyjściową - bez strat energii

Sprawność każdego rzeczywistego urządzenia jest niższa niż 1 - oznacza to, że w procesie zamiany jednego rodzaju energii na inny, pewna jej część musi być nieodwracalnie utracona. Jest to koszt, który musimy ponieść, gdy chcemy przekształcić energię w inną jej postać. Sprawność równa 0 oznaczałaby, że dane urządzenie „marnotrawi” całą dostarczoną mu energię, nie przekształcając jej w żadną inną, użyteczniejszą postać. Taka sytuacja ma miejsce na przykład w mikserze, którego silnik ulega uszkodzeniu – dostarczona energia elektryczna nie zostaje przekazana do układu obracającego łopatkę, lecz powoduje stopienie i zniszczenie elementów.

Urządzenie złożone

Jeśli urządzenie składa się z kilku elementów przetwarzających energię i znana jest sprawność każdego z nich, to wypadkowa sprawność urządzenia jest iloczynem sprawności jego elementów:

$$\eta_C = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

Przykładem takiej sytuacji jest elektrownia (np. jądrowa). Dzięki reakcji rozszczepienia jąder uranu, powstaje energia cieplna, która wykorzystywana jest do zagotowania wody (energia cieplna wytworzona w reakcji jądrowej zostaje przeznaczona na zmianę energii wewnętrznej wody). Para wodna porusza wirniki turbiny (energia wewnętrzna pary wodnej zostaje zużyta na energię kinetyczną wirników), które sprawiają, że

podłączony do turbiny generator przekształca energię kinetyczną na energię elektryczną. Z każdym z tych etapów wiąże się określona sprawność danego elementu.

Słowniczek

II zasada termodynamiki

(*ang.: Second law of thermodynamics*) ogólne prawo określające kierunek przebiegu przemian energii w układzie izolowanym. Zasada ta ma wiele różnych, równoważnych sformułowań. Jedno z nich określa, że w dowolnym procesie część energii ulega degradacji do formy nieprzydatnej w takim samym procesie.

Film samouczek

Sprawność czajnika elektrycznego.

Obejrzyj film samouczek, w którym przedstawiono problematykę sprawności na przykładzie elektrycznego urządzenia, jakim jest czajnik do gotowania wody.

Polecenie 1

Zwróć uwagę, że przypisanie energii elektrycznej dostarczanej do czajnika roli energii **wejściowej** jest obiektywne - taka jest konstrukcja czajnika. Czy przypisanie energii cieplnej przekazanej wodzie roli energii **wyjściowej**, czyli **użytecznej**, jest tak samo obiektywne? Czy to jedyne możliwe zastosowanie czajnika elektrycznego?

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DqOew5kG1>

Polecenie 2

Podaj dwa źródła strat energii, które sprawiają, że sprawność czajnika jest mniejsza niż 1. Wpisz swoje pomysły w przygotowane pole i porównaj z przedstawionymi w rozwiązaniu.

Polecenie 3

Zaproponuj inny cel zastosowania czajnika, przy którym jego sprawność byłaby większa niż $\eta = 0,74$ obliczone w filmie. Wpisz swój pomysł w przygotowane pole i porównaj z pomysłem przedstawionym w rozwiązaniu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Główny moduł służący do wytwarzania napięcia elektrycznego w elektrowni składa się z obiegu woda-para o sprawności $\eta_1 = 0,58$, turbiny o sprawności $\eta_2 = 0,92$ i generatora o sprawności $\eta_3 = 0,987$. Oblicz całkowitą sprawność modułu. Zapisz swoje rozumowanie w przygotowanym polu. Podaj wynik z dokładnością do dwóch cyfr znaczących i porównaj go z odpowiedzią wzorcową.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Skrzynia o masie m leży na jezdni i ma zostać załadowana na ciężarówkę, której podłoga znajduje się na wysokości h nad jezdnią. W tym celu przygotowano pochylnie o różnych długościach s ; przy czym $s > h$. Skrzynię wciągnięto do ciężarówki ruchem jednostajnym, z niewielką szybkością, po pochylni najkrótszej. Wykonano przy tym łączną pracę W . Rozstrzygnij, czy sprawność η procesu wciągania skrzyni rośnie czy maleje wraz ze wzrostem s . Uzasadnij swoje rozstrzygnięcie.

Zapisz rozumowanie w dostępnym polu i porównaj z rozwiązaniem wzorcowym.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Wyznaczanie sprawności zabawek
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>III. Mechanika. Uczeń:</p> <p>21) posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,• kompetencje cyfrowe,• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. stosuje wzór opisujący sprawność do wyznaczenia tej wielkości dla różnych nietypowych urządzeń. 2. analizuje sposób działania różnych urządzeń, przewiduje oraz wyznacza niezbędne wielkości niezbędne do obliczenia ich sprawności. 3. ocenia, czy otrzymane wartości sprawności pozwalają zaliczyć dane urządzenie jako „o wysokiej” lub „o niskiej” sprawności.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna
Metody nauczania:	eksperymenty
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	zabawki wykonujące pracę mechaniczną, np. dźwigi, samochodziki, kolejka z torami, chodzące zabawki etc., gdzie dana jest moc wejściowa silnika urządzenia
Materiały pomocnicze:	<p>Instrukcja dla uczniów ze sposobem przeprowadzenia pracy domowej. Przykład instrukcji:</p> <p>„Do czajnika nalej ustaloną i odważoną ilość wody. Sprawdź jej temperaturę termometrem. Włącz czajnik i zmierz czas do zagotowania wody (wyłączenia się czajnika). Parametry elektryczne czajnika znajdziesz na naklejce na jego obudowie lub w instrukcji. Poszukaj w internecie sprawności różnych urządzeń i porównaj ją ze sprawnością czajnika.”</p> <p>lub</p> <p>”Zaproponuj i przeprowadź doświadczenie, które pozwoli określić Ci sprawność windy pasażerskiej. Jakie wielkości fizyczne musisz wyznaczyć, a jakie musisz ustalić z parametrów windy, by móc wyznaczyć sprawność?”</p>
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	Przypomnienie definicji sprawności. Nauczyciel prezentuje urządzenia/zabawki, których sprawność uczniowie będą wyznaczać. Nauczyciel prosi uczniów, by, zgodnie ze swoją intuicją, spróbowali określić, jaką sprawność mogą mieć takie urządzenia.
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel dzieli uczniów na grupy. Każda grupa zajmuje się wyznaczeniem sprawności innego urządzenia. Grupy zamieniają się przy urządzeniach. Nauczyciel prosi uczniów, by przeanalizowali sposób działania danego urządzenia i na tej podstawie określili, jakie wielkości fizyczne trzeba wyznaczyć, by móc określić sprawność. Uczniowie następnie wykonują zaplanowane przez siebie pomiary i obliczenia.

Faza podsumowująca:

Porównanie wyznaczonych sprawności z „intuicją” uczniów.

Praca domowa:

Nauczyciel zaleca obejrzenie filmu-samouczka i wykonanie ćwiczeń zaleconych w opracowanej instrukcji.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Multimedium może być wykorzystane na lekcji jako materiał wstępny.