

# Spalanie – fundament i zmora naszej cywilizacji

**Urszula Dzienisiuk**

**Anita Gardias**

**Karolina Połczyńska**

**Jakub Wiśniewski**

**Krzysztof Karpierz**

Pracownia Pokazów Wykładowych Wydziału Fizyki Uniwersytet Warszawski



Zapytaj Fizyka 16 grudnia 2021 r.



Zapytaj Fizyka 16 grudnia 2021 r.

# Czym jest ogień ?

**Heraklit z Efezu:** symbolem zmienności, dynamiki, powstawania i ginięcia, konfliktu i walki jest wieczny ogień, który jako błyskawica stanowi przyczynę i rozumnie kieruje całością wszechrzeczy.

**Chemicy XVII w.:** w ciałach palnych znajduje się substancja zwana flogistonem (cieplikiem).

**Dziś: ...**





# Spalanie

Egzotermiczna reakcja chemiczna przebiegająca między materiałem palnym (paliwem) a utleniaczem z wydzielaniem ciepła i światła



# Spalanie

**Egzotermiczna** reakcja chemiczna przebiegająca między materiałem palnym (paliwem) a utleniaczem z wydzielaniem ciepła i światła



# Spalanie

Egzotermiczna reakcja chemiczna przebiegająca między materiałem palnym (paliwem) a utleniaczem z wydzielaniem ciepła i światła





ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Egzotermiczna reakcja

Greckie:

„egzo” - na zewnątrz

„thermikos” – termiczny

Wydziela ... uwalnia:      ciepło ... światło...

... Energię

na zewnątrz



# Na zewnątrz....

OD

zespołu, zbiorowości cząsteczek (UKŁADU), które biorą udział w procesie spalania

DO

innego, drugiego UKŁADU

# Wydzielanie energii

Przekazanie energii od układu cząstek do innego układu

odbywa się zgodnie z Zasadą Zachowania Energii

O tyle o ile **zmniejsza się** energia (liczona w dżulach - J)  
PIERWSZEGO układu – o tyle **wzrasta** energia DRUGIEGO układu

# Jaka energia

Dobra, zła, duchowa, życiowa...  
skąd się bierze....



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Jaka energia

POTENCJALNA oddziaływania elektromagnetycznego  
cząsteczek pierwszego układu



KINETYCZNA cząsteczek drugiego układu  
(ruch,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots$ , zawsze  $\geq 0$  )



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Jaka energia

POTENCJALNA oddziaływania elektromagnetycznego  
cząsteczek pierwszego układu



**CIEPŁO**

KINETYCZNA cząsteczek drugiego układu  
(ruch,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots$ , zawsze  $\geq 0$  )

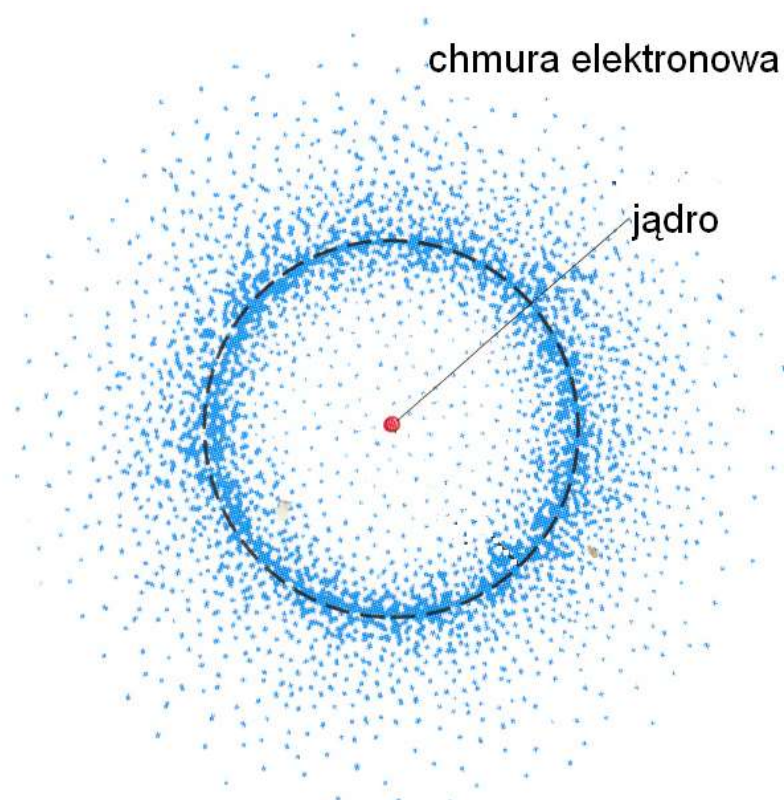


# Energia POTENCJALNA

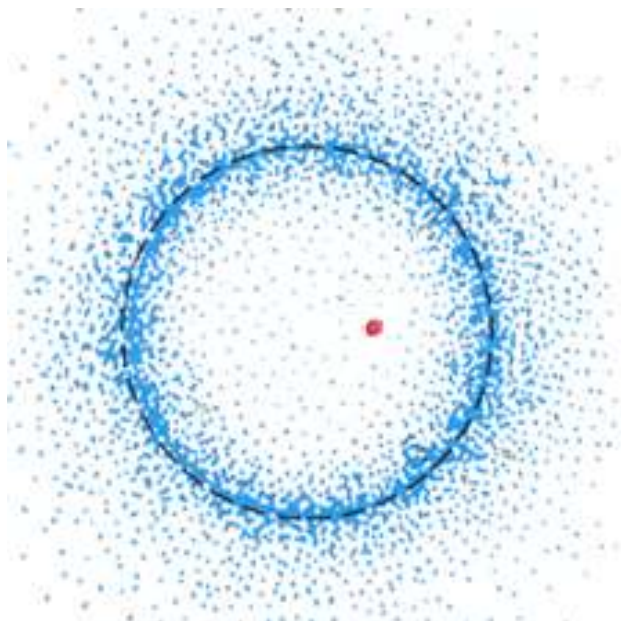
## ODDZIAŁYWANIA

- **elektromagnetycznego** – pomiędzy cząstkami posiadającymi ŁADUNEK ELEKTRYCZNY ( + - ),  
które przyciągają się bądź odpychają
- **grawitacyjnego** - szkolne zagadnienia spadających kulek, jabłek  
przyciąganych grawitacyjnie przez Ziemię
- **silnego** - oddziaływanie pomiędzy składnikami jądra atomowego:  
protonami, neutronami i ich składnikami: kwarkami

# Atom wodoru



# Atom wodoru

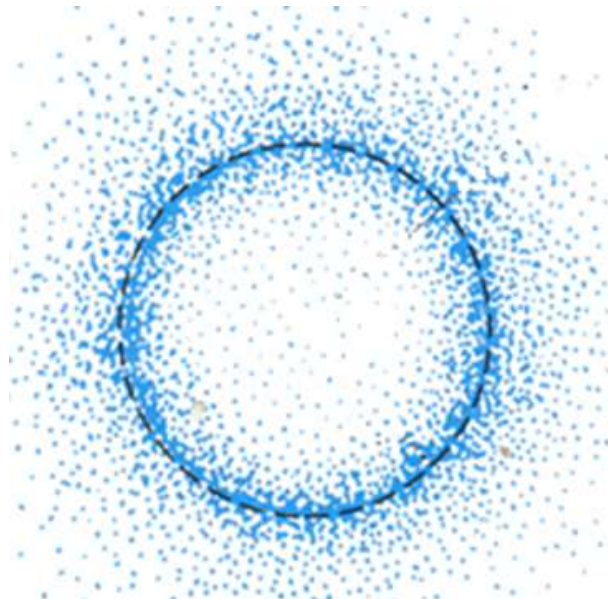


# Atom wodoru (w częściach)



ZAPYTAJ  
FIZYKA

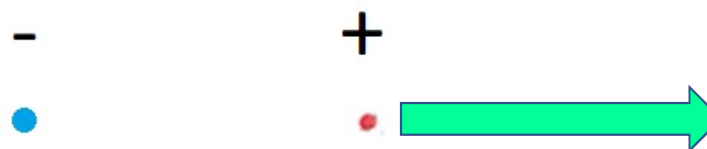
WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski



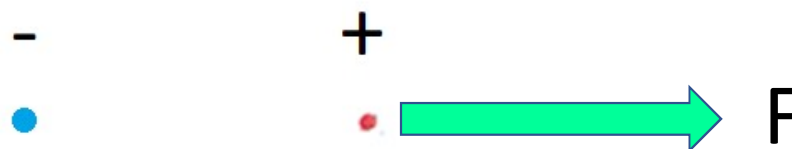
# Atom wodoru



# Atom wodoru

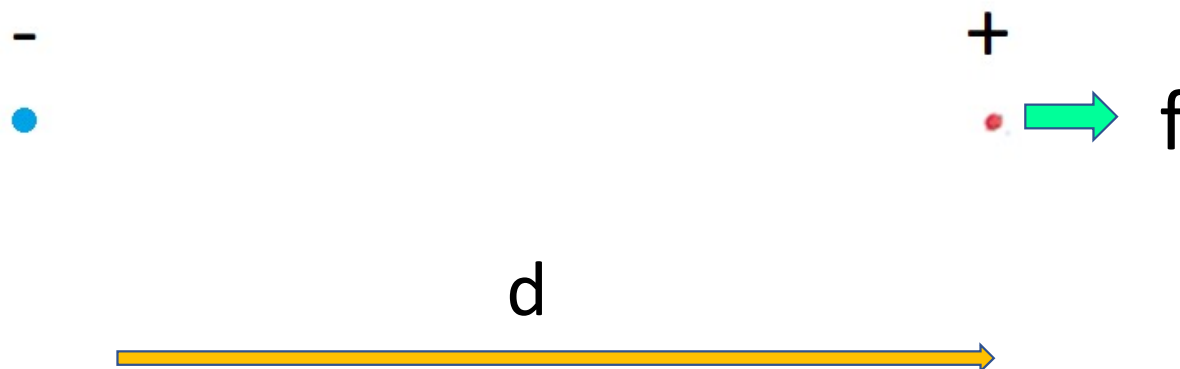


# Atom wodoru

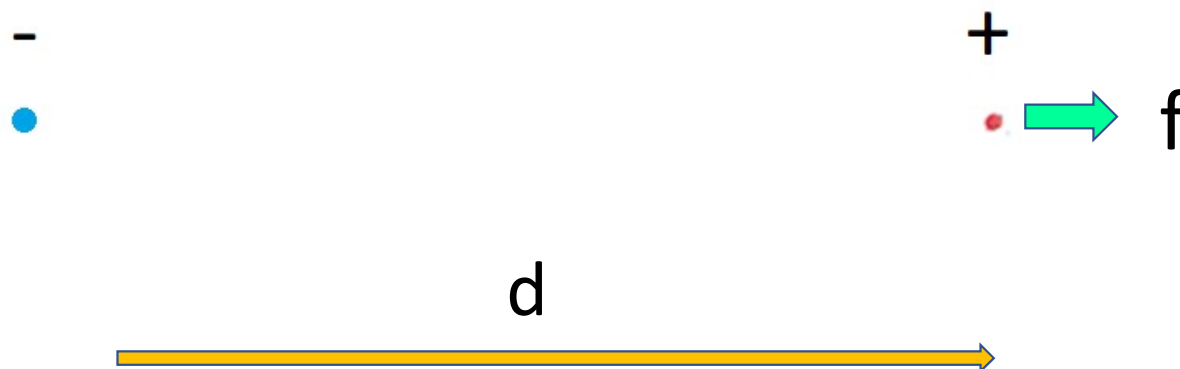




# Atom wodoru



# Atom wodoru



wykonujemy PRACĘ  $\propto f \cdot d$

# Atom wodoru

-  
●

$\infty$

+  
●

Brak oddziaływania  $\leftrightarrow E_p = 0 \quad E = E_p + E_k = 0$



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# ~~Atom wodoru~~ elektron & proton

-



$\infty$

+



Brak oddziaływania  $\leftrightarrow$   $E_p = 0$   $E = E_p + E_k = 0$

# Atom wodoru

- po włożeniu **pracy** energia układu (proton i elektron)

WZROSŁA

# Atom wodoru

- po włożeniu **pracy** energia układu (proton i elektron)

WZROSŁA

i...

# Atom wodoru

- po włożeniu **pracy** energia układu (proton i elektron)

**WZROSŁA**

i...

- osiągnęła wartość  $0$

# Atom wodoru

- po włożeniu pracy energia układu (proton i elektron)

WZROSŁA

i...

- osiągnęła wartość 0

WNIOSEK:

- na początku musiała być UJEMNA

dla atomu wodoru  $E = -13,6 \text{ eV}$





ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Cząsteczka $H_2$ - wiązania chemiczne

pokaz



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Cząsteczka $H_2$ - wiązania chemiczne

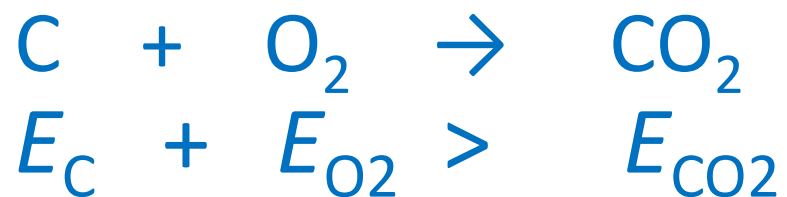
JEDEN wspólny orbital, wiązanie chemiczne,  
po którym poruszają się/przebywają 2 elektrony,

każdy o energii MNIEJSZEJ niż  
miał będąc związany z jądrem H

**BARDZIEJ UJEMNEJ**

# SPALANIE

Zmniejszanie energii elektronów tworzących wiązania chemiczne (ich energia staje się bardziej ujemna)

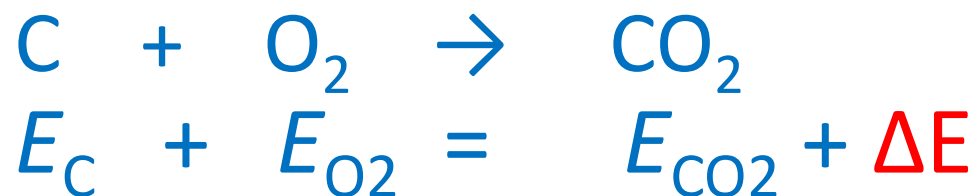


# SPALANIE

Zmniejszanie energii elektronów tworzących wiązania chemiczne (ich energia staje się bardziej ujemna)

i

przekazywanie **różnicy energii** do innych cząstek  
– w postaci zwiększenia ich energii kinetycznej

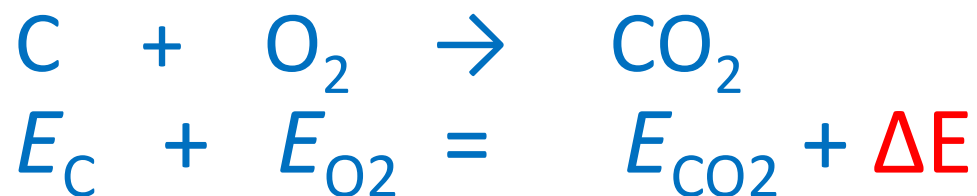


# SPALANIE

Zmniejszanie energii elektronów tworzących wiązania chemiczne (ich energia staje się bardziej ujemna)

i

przekazywanie różnicy energii do innych cząstek  
– w postaci zwiększenia ich energii kinetycznej





ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Średnia energia kinetyczna cząstek



TEMPERATURA

$$\overline{E_K} = \frac{3}{2} k_B T$$

# Wzrost temperatury



- wzbudzenia i emisja światła
- świecenie, płomień, błysk
- zwiększenie ciśnienia gazów
- nacisk na tłok (silniki), dźwięk

**fundament cywilizacji** — światło, ciepło, technika

# Wzrost temperatury



- wzbudzenia i emisja światła - świecenie, płomień, błysk
- zwiększenie ciśnienia gazów - nacisk na tłok (silniki), dźwięk

**fundament cywilizacji** – światło, ciepło, technika

oraz .....

- jonizacja i rozkład cząsteczek - podtrzymanie reakcji spalania



# Spalanie

Powstanie nowych cząstek – innych substancji



pokaz obecności  $\text{H}_2\text{O}$

! UWAGA : zaczyna się ZMORA cywilizacji

pokaz obecności  $\text{CO}_2$

pokaz spalania częściowego



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Spalanie ciągłe – warunki do spełnienia

1. Obecność paliwa
2. Obecność w tym samym miejscu (i w wystarczającej ilości) utleniacza
  - 
  - cząsteczek substancji, które przyjmują elektrony z wiązań – utleniają paliwo



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Spalanie ciągłe – warunki do spełnienia

## 3. Możliwość inicjowania reakcji spalania

- obecność wolnych rodników – grupy atomów jak np. –  $\text{CH}_3$  –OH –H, które są bardzo reaktywne (a zatem nietrwałe), zawierają niesparowane elektrony i dążą do przejęcia elektronu z innych cząsteczek, a zatem rozerwania/zmiany wiązań chemicznych



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Spalanie ciągłe – warunki do spełnienia

- 4. Warunki do podtrzymania reakcji
  - dostarczanie wolnych rodników, co zachodzi w odpowiednio wysokiej temperaturze, czyli reakcja musi być egzotermiczna

pokaz

# Zmora cywilizacji

- Ogrzewanie atmosfery i litosfery – całość\* uwalnianej energii, finalnie grzanie – wzrost  $T$
- Dodatkowych ilości gazów cieplarnianych:  $H_2O$  i  $CO_2$  – zmniejszona emisja promieniowania termicznego w kosmos – grzanie - wzrost  $T$
- Zanieczyszczenia ze spalania niepełnego - dodatkowa absorpcja światła słonecznego – grzanie - wzrost  $T$
- wzrost  $T$  – zmienia klimat, topi lód (zmniejsza odbicie światła słonecznego), uwalnia metan (gaz cieplarniany) ...



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Jak dużo spalamy

**10 000 TWh** - roczna produkcja energii elektrycznej  
(2020 rok) w elektrowniach węglowych

**$8 \times 10^{19}$  J** - tyle ciepła uzyskano ze spalania węgla

Reakcja  **$2,7 \times 10^{12}$  kg** węgla oraz  **$7,3 \times 10^{12}$  kg  $O_2$**

Otrzymano  **$1 \times 10^{13}$  kg  $CO_2$**

# Czy to dużo ?

- „Zużyto” ok. 1/110 000 wszystkich cząsteczek tlenu w atmosferze ziemskiej

- Wyemitowano tyle samo cząsteczek CO<sub>2</sub> co stanowi  
**DODATKOWE 9 ppm CO<sub>2</sub>**

czyli

**9 cząsteczek CO<sub>2</sub> na 1 000 000 wszystkich cząsteczek powietrza,  
przy średniej zawartości CO<sub>2</sub> - 400 ppm**



ZAPYTAJ  
FIZYKA

WYDZIAŁ  
FIZYKI  
UNIwersytet  
Warszawski

# Mamy niezbyt wiele czasu na zmiany...



Zapytaj Fizyka 16 grudnia 2021 r.





# Dziękujemy

**Urszula Dzienisiuk**

**Anita Gardias**

**Karolina Połczyńska**

**Jakub Wiśniewski**

**Krzysztof Karpierz**

**Pracownia Pokazów Wykładowych Wydziału Fizyki**

**Uniwersytet Warszawski**