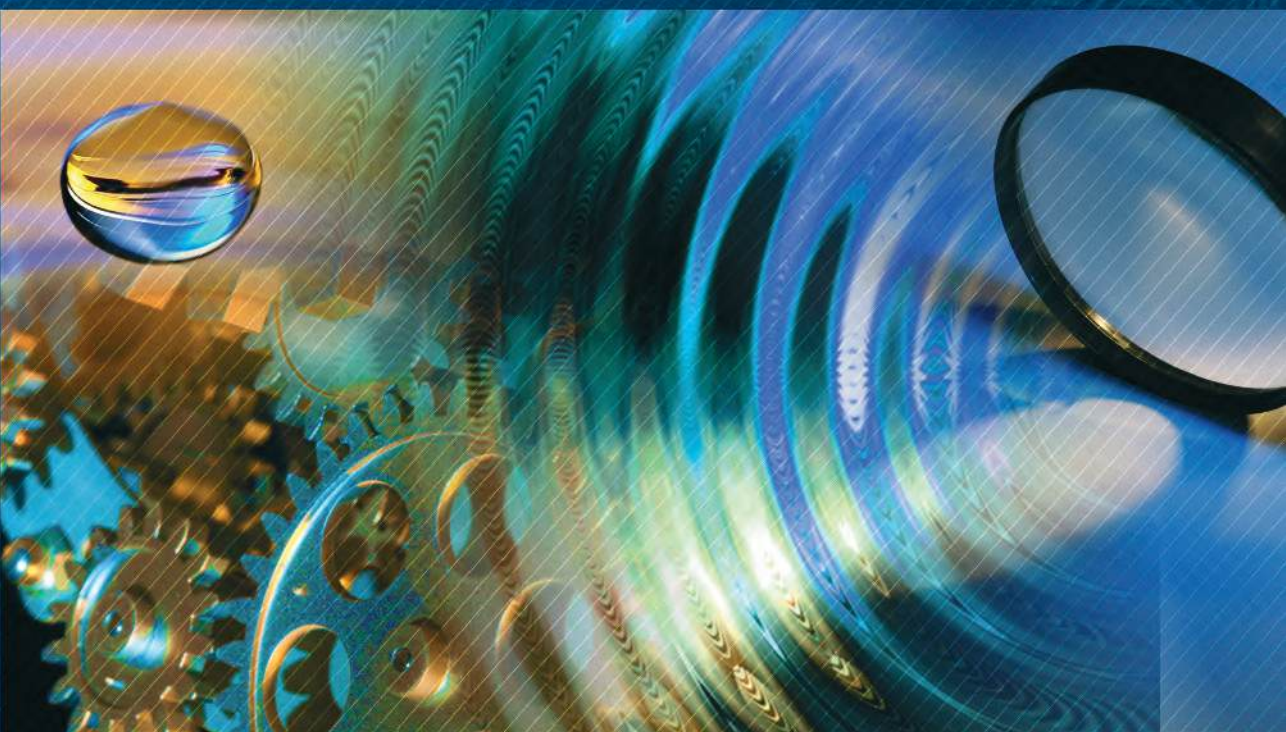


# ENCYKLOPEDIA FIZYKA Z ASTRONOMIĄ



Po raz pierwszy:

Fizyka  
z Astronomią

Pełen zakres wiadomości wymaganych w szkole

Niezbędne wzory, wykresy, tabele, definicje

Teksty łatwe do zapamiętania

Zgodne z programem nauczania

**Autorki haseł:**

Alicja Nawrot  
Dorota Karolczak  
Jadwiga Jaworska

**Korekta merytoryczna:**

Magdalena Pękała

**Korekta:**

Zespół redakcyjny  
Wydawnictwa Greg

ISBN 978-83-7517-210-2

© Copyright by Wydawnictwo „GREG”  
Kraków

31-979 Kraków, ul. Klasztorna 2B  
tel. (12) 680-15-50  
www.greg.pl

Księgarnia internetowa: [www.greg.pl](http://www.greg.pl)

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana  
lub przedrukowana bez pisemnej zgody Wydawnictwa „GREG”.  
Dotyczy to także przenoszenia danych do systemów komputerowych,  
wykonywania fotokopii i mikrofilmów.

**Skład i łamanie:** BROS, Pracownia Słowa

**Opracowanie graficzne:** BROS

**Projekt okładki:** Grzegorz Węczkiewicz

**ENCYKLOPEDIA  
FIZYKA  
z ASTRONOMIĄ**

„Nie ma nic tak odległego,  
by było poza naszym zasięgiem,  
ani tak ukrytego, by nie dało się odkryć.”  
/ Kartezjusz /

Fizyka jest nauką badającą i opisującą zjawiska występujące w przyrodzie. Jest fundamentem rozwoju techniki, wszystkich dziedzin nauki, cywilizacji i kultury. Dzięki jej rozwojowi poznajemy świat.

*Encyklopedia Fizyka z Astronomią*, którą trzymasz w ręku, przeznaczona jest dla uczniów gimnazjów, szkół ponadgimnazjalnych, studentów, jak również wszystkich osób interesujących się naukami przyrodniczymi, a szczególnie fizyką. Książka ta pozwoli odnaleźć odpowiedź na pytania z zakresu fizyki i innych nauk jej pokrewnych.

*Encyklopedia...* ma przejrzysty układ treści z zakresu mechaniki klasycznej, mechaniki kwantowej, elektryczności, magnetyzmu, termodynamiki, fizyki statystycznej, jądrowej, atomowej, cząstek elementarnych, ciała stałego i plazmy, akustyki, optyki, a także obejmuje hasła z zakresu nauk interdyscyplinarnych – astrofizyki, biofizyki, geofizyki. Zawiera najważniejsze pojęcia, prawa i teorie opisujące budowę mikro- i makroświata. Treść książki uzupełniono krótkimi biografiami ludzi nauki, którzy trwale wpłynęli na kształt współczesnego świata, sformułowali prawa ruchu, odkryli prawa działania elektryczności, wyjaśnili budowę atomu, dokonali rozkładu związków chemicznych znalezionych na Słońcu, Księżycu i w gwiazdach na pierwiastki, a także starających się wykorzystać prawa fizyki do skonstruowania wielu przyrządów i materiałów, dzięki którym nasze życie mogło stać się łatwiejsze i przyjemniejsze. Większość z nich została doceniona za życia i uhonorowana Nagrodą Nobla. W *Encyklopedii...* znajduje się dokładny wykaz laureatów Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki.

Hasła są ułożone alfabetycznie, objaśnione zwięźle i przystępnie, ilustrowane rysunkami lub fotografiami, ich tytuły wyróżniono pogrubioną czcionką. Na końcu *Encyklopedii* znajduje się indeks rzeczowy oraz dodatek encyklopedyczny, który został przygotowany z myślą o wszystkich chcących szybko odnaleźć potrzebne wiadomości. Zebrano w nim najważniejsze wzory i wartości stałych fizycznych z mechaniki, zjawisk cieplnych, elektrostatyki, optyki, akustyki, mechaniki kwantowej, fizyki atomowej, jądrowej i astronomii, symbole i jednostki podstawowych wielkości fizycznych, podstawowe i uzupełniające jednostki układu SI, przedrostki do otrzymania wielokrotności i podwielokrotności jednostek, alfabet grecki oraz elementy matematyki.

W *Encyklopedii...* chcieliśmy odzwierciedlić bogactwo osiągnięć fizyki oraz zachęcić do badania tej fascynującej dziedziny nauki. Mamy nadzieję, że się to udało.

Autorki  
i  
Wydawnictwo Greg

# a

**a** – najczęściej używany symbol wartości przyspieszenia (łac. *acceleratio* od *accelerare* „przyspieszać”).

**a** – skrót przedrostka → atto.

**A** – symbol jednostki → amper.

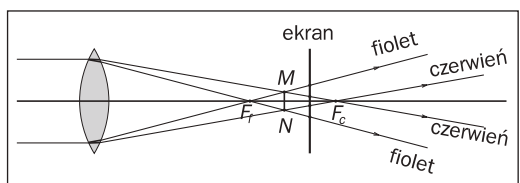
**Å** – symbol jednostki → angstrom.

**ABBE ERNST (1840–1905)** – niemiecki fizyk, współzałożyciel i współwłaściciel zakładów optycznych Carl Zeiss w Jenie; w latach 1870–1896 profesor uniwersytetu i dyrektor obserwatorium astronomicznego w Jenie; konstruktor przyrządów optycznych – m.in. refraktometru, lunety pryzmatycznej i obiektywu achromatycznego; twórca teorii mikroskopu optycznego (1872).

**ABERRACJA** – wada układu optycznego, przejawiająca się tym, że uzyskane obrazy są nieostre, zniekształcone lub niewłaściwie zabarwione. Rozróżnia się → a. chromatyczną i → a. geometryczną.

**ABERRACJA CHROMATYCZNA** – jedna z wad układu optycznego polegająca na tym, że światło, przechodząc przez elementy załamujące,

np. soczewki, załamuje się pod różnymi kątami w zależności od częstotliwości. Powoduje to powstawanie na obrazie obwódek barwnych, a przez to zmniejszenie ostrości obrazu. Na skutek → dyspersji fal ogniskowe promieni różnych barw są różne (najkrótsza ogniskowa jest dla światła fioletowego, najdłuższa dla czerwonego). Rozróżniamy a.c. podłużną i poprzeczną.



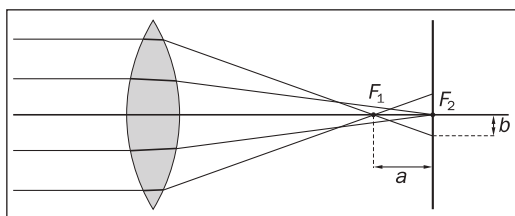
Aberracja chromatyczna podłużna i poprzeczna

Miarą a.c. podłużnej jest odległość między ogniskami światła czerwonego i fioletowego. Na ekranie ustawionym prostopadłe do osi optycznej w miejscu obrazu przedmiotu punktowego zamiast białej kropki powstaje szereg barwnych pierścieni. Wadę tę usuwa się, stosując specjalne układy optyczne (achromat, apochromat).

Miarą a.c. poprzecznej jest średnica krążka MN powstającego między punktami przecięcia się wiązek światła przechodzących przez ogniska światła czerwonego i fioletowego.

**A ABERRACJA GEOMETRYCZNA** – wada układu optycznego, zależy od kształtów elementów układu optycznego (soczewek, zwierciadeł) i sposobu oświetlenia. Do najważniejszych a.g. zalicza się: → aberrację sferyczną, astygmatyzm, komę, dystorfie i zakrzywienie pola obrazu.

**ABERRACJA SFERYCZNA** – wada układu optycznego, powodująca nieostrość otrzymywanych obrazów. A.s. spowodowana jest tym, że promienie leżące blisko osi układu optycznego załamują się inaczej niż promienie leżące dalej od osi. Promienie leżące dalej od osi optycznej po przejściu przez soczewkę załamują się silniej, dzięki czemu mają krótszą ogniskową.



Miarą aberracji poprzecznej jest promień  $b$  wiązki otrzymanej w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej. Miarą aberracji podłużnej jest odległość  $a$  między ogniskami  $F_1$  i  $F_2$ .

A.s. można zmniejszyć, dobierając odpowiednie kształty soczewek, stosując przysłony w celu ograniczenia rozwartości wiązki oraz stosując specjalne układy soczewek (np. aplanat, anastygmat).

**ABERRACJA ŚWIATŁA** – pozorna zmiana położenia gwiazd na niebie, wywołana skończoną prędkością światła, ruchem obrotowym Ziemi, obiegiem Ziemi wokół Słońca lub ruchem Układu Słonecznego; a.ś. odkrył James Bradley. A.ś. była dowodem potwierdzającym ruch Ziemi w kosmosie.

**ABLACJA** – zjawisko szybkiego odparowania warstwy powierzchniowej szybko ogrzanego ciała, np. meteoroidu.

**ABRIKOSOW ALEKSIEJ A. (ur. 1928)** – rosyjski fizyk teoretyk, zajmujący się też fizyką ciała stałego; badał przenikalność pola magnetycznego przez nadprzewodniki, stworzył teorię nadprzewodników II rodzaju oraz opisał wirową strukturę stanu mieszanego, w 2003 r. wraz

z W. Ginzburgiem i A. Leggetem otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za pionierski wkład w rozwój teorii nadprzewodnictwa i nadciekłości, obecnie jest członkiem Materials Science Division w Argonne National Laboratory w USA.

**ABSORPCJA** – (z łac. *absorptio* „pochłanianie”)

**1.** Proces pochłaniania (całkowitego lub częściowego) przez całą objętość ciała stałego lub cieczy innych substancji absorbowanych z roztworów lub mieszanin gazów. Ciało stałe lub ciecz pochłaniająca to absorbent. A. tłumaczyć można jako rozpuszczanie, czyli proces dyfuzji. A. stosuje się np. w celu wydzielenia z mieszaniny gazowej danego składnika lub w ekstrakcji substancji rozpuszczonej w danej cieczy inną cieczą, niemieszającą się z rozpuszczalnikiem, a w technice wysokich próżni do pochłaniania śladowych ilości gazu (np. w lampach elektronowych) przy użyciu substancji chłonnej, np. getteru.

**2.** Proces pochłaniania energii fal akustycznych (lub innych sprężystych) lub energii promieniowania elektromagnetycznego przez ośrodek, w którym rozchodzi się fala lub promieniowanie i oddziałuje z nim. Następuje wtedy nieodwracalna zamiana energii, fali lub promieniowania na inne rodzaje energii, np. na energię cieplną w przypadku fali akustycznej, na energię cieplną, energię wzbudzenia atomów lub cząstek czy energię jonizacji w przypadku światła (fali elektromagnetycznej).

**ABSORPCJA MIĘDZYGWIAZDOWA, EKSTYNKCJA** – osłabienie promieniowania elektromagnetycznego wskutek pochłaniania i rozpraszania światła przez pył i gaz międzygwiazdowy.

**ABSORPCJA PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO** – proces, w którym natężenie wiązki promieniowania elektromagnetycznego zmniejsza się w miarę przechodzenia przez ośrodek materialny na skutek oddziaływania z nim. W procesie tym pochłonięta część promieniowania elektromagnetycznego zamienia się w inne formy energii, takie jak: energia wewnętrzna, energia wzbudzenia lub jonizacji atomów lub cząsteczek, energia wtórnego promieniowania elektromagnetycznego wysyłanego przez substancję pochłaniającą. A.p.e. zależy od długości fali, np. dla promieniowania  $\gamma$  ( $\lambda < 10^{-11}$  m) za proces

absorpcji odpowiadają oddziaływania z jądrami atomowymi, prowadzące do reakcji jądrowych lub wzbudzenia jąder, dla promieniowania rentgenowskiego i nadfioletu ( $10^{-11} \div 10^{-8}$  m) – wzbudzenia elektronów wewnętrznych powłok elektronowych, dla światła widzialnego ( $4 \cdot 10^{-7} \div 7 \cdot 10^{-7}$  m) – wzbudzenia elektronów powłok walencyjnych (zewnętrznych), dla promieniowania  $10^{-6} \div 10^{-5}$  m – wzbudzenie wyższych stanów oscylacyjnych cząsteczek, dla podczerwieni ( $7 \cdot 10^{-7} \div 10^{-3}$  m) i fal radiowych ( $10^{-4} \div 3 \cdot 10^4$  m) – wzbudzenia stanów rotacyjnych cząstek.

A.p.e. opisuje wykładnicze prawo absorpcji:

$$I(x) = I(o)e^{-kx}$$

gdzie:

$I(o)$  – natężenie promieniowania elektromagnetycznego padającego na substancję

$I(x)$  – natężenie promieniowania elektromagnetycznego wychodzącego z ośrodka

$k$  – współczynnik absorpcji

$x$  – grubość warstwy, przez którą przechodzi promieniowanie.

Dla dużych natężeń promieniowania elektromagnetycznego prawo to może nie być zachowane.

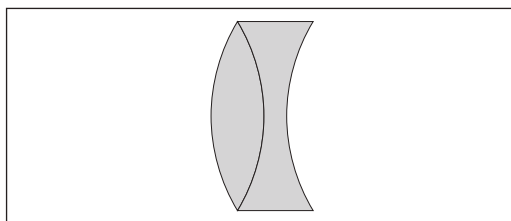
## ABSORPCJA REZONANSOWA –

**1.** w astronomii – pochłanianie przez układ promieniowania elektromagnetycznego przechodzącego przez układ gwiazdny na skutek rozpraszania i pochłaniania światła przez cząsteczki gazu i materii międzygwiazdowej. → ekstynkcja.

**2.** zjawisko pochłaniania przez układ kwantowy promieniowania elektromagnetycznego (fotonów) o energii równej różnicy stanów energetycznych tego układu. Np. zjawisko Mössbauera – a.r. promieniowania  $\gamma$  w jądram atomowych następuje w procesie bezodrutowej emisji kwantów  $\gamma$  z jąder atomów tworzących sieć krystaliczną.

## ABSORPCJA ŚWIATŁA → absorpcja promieniowania elektromagnetycznego

**ACHROMAT** – układ optyczny, w którym w znacznym stopniu usunięta została aberracja sferyczna i achromatyczna. Stosowany jako obiektyw i okular w lornetkach, mikroskopach, przyrządach astronomicznych i geodezyjnych itp.



Budowa achromatu

**ACHROMATYZACJA** – zmniejszanie aberracji chromatycznej poprzez łączenie ze sobą odpowiednio dobranych soczewek, skupiającej i rozpraszającej, wykonanych z różnych rodzajów szkła, np. soczewka skupiająca z flintu, a rozpraszająca z crownu. W takim achromacie usunięta zostaje aberracja tylko dwu barw.

## ADDYTYWNE WIELKOŚCI FIZYCZNE

→ **addytywność wielkości fizycznych**

**ADDYTYWNOŚCI ZASADA** (z łac. *addere*, *additium* – „dodawać, dołączać”) – zasada superpozycji pól – stwierdzająca, że pole fizyczne (np. elektrostatyczne), wytwarzane przez układ źródeł (w tym przypadku pochodzące od kilku ładunków elektrycznych), jest superpozycją pól wytwarzanych przez każde z źródeł z osobna; natężenie i potencjał tego pola są sumą natężeń i potencjałów pól wytworzonych przez każde źródło z osobna w sytuacji, gdy nie ma pozostałych źródeł.

## ADDYTYWNOŚĆ WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

– własność wielkości fizycznych, zwanych addytywnymi, polegająca na tym, że wartość wielkości fizycznej całego układu jest sumą wartości wielkości fizycznych poszczególnych jego części składowych (przy dowolnym podziale układu na części). Addytywnymi wielkościami fizycznymi są np. masa czy energia układu, kiedy można nie uwzględniać energii oddziaływania między częściami układu (np. energia cieplna) oraz entropia. Wielkości nieaddytywne to np. temperatura lub gęstość.

**ADHEZJA** – (łac. *adhaerere* – „przyleganie, przyczepność, przyleganie jednej powierzchni do drugiej lub łączenie się powierzchni dwóch ciał”); zjawisko powierzchniowego wiązania się ze sobą różnych (stałych lub ciekłych) ciał stykających się

**A** ze sobą. A. obserwuje się głównie dla cząsteczek wody przylegających do ścianek naczynia, przy nanoszeniu farb i lakierów na powierzchnię ciał stałych czy jako osiadanie kurzu. A. jest wynikiem przyciągania między cząsteczkami stykających się ze sobą ośrodków (substancji), a więc występuje tym silniej, im większa jest powierzchnia kontaktu ciał. Miarą wzajemnego przyciągania między dwiema substancjami jest praca a., potrzebna do rozdzielenia dwóch różnych substancji od siebie, przypadająca na jednostkę powierzchni zetknięcia ciał. Adhezji często towarzyszy → dyfuzja. A. szeroko wykorzystuje się w praktyce: malowanie, pokrywanie warstwami ochronnymi, klejenie, spawanie, galwaniczne nakładanie warstw metalu itp. Jest to zjawisko szkodliwe w pewnych przypadkach, np. gdy w wyniku adhezji cieczy na ściankach rur, przez które ciecz przepływa, następuje hamowanie jej ruchu. Zob. też → spójność.

**ADIABATA** (gr. *adiábatos* – „opuszczony”), izoentropia – krzywa przedstawiająca zależność między dwoma parametrami stanu układu w stanie → równowagi termodynamicznej przy ustalonej → entropii układu, tzn. opisująca odwrotny → proces adiabaty (proces izoentropowy). A. sporządza się na podstawie → równania stanu układu, jeśli jest ono znane, zazwyczaj wykreśla się ją jednak na podstawie wyników odpowiednich pomiarów. Przykładem a. jest krzywa przedstawiająca zależność między  $p$  i  $V$  albo między  $v$  i  $T$  przy stałej entropii  $S$ . Równanie a. uzyskuje się, eliminując jeden z parametrów stanu z równania stanu gazu i przy warunku:  $S = \text{const}$ . Równanie a. dla gazu doskonałego określa równanie Poissona:

$$pV^\kappa = \text{constans, gdzie } \kappa = C_p/C_V$$

( $\kappa$  – stała zależna od rodzaju gazu i równa stosunkowi ciepła właściwego tego gazu przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego przy stałej objętości). Zob. też → izobara, izochora, izoterma.

**ADIABATYCZNY PROCES** – proces termodynamiczny, zachodzący w układzie odizolowanym termicznie od otoczenia (izolacja adiabaty – gdy układ nie wymienia ciepła z otoczeniem) lub wtedy, gdy szybkość jest dostatecznie duża, aby układ w czasie trwania procesu nie zdążył

oddać lub pobrać zauważalnej ilości ciepła. P.a. jest to np. rozchodzenie się dźwięku, choć głównie rozważamy to w odniesieniu do przemian gazowych. P.a. mogą być zarówno → odwrotalne, jak i → nieodwrotalne. Gdy p.a. jest odwrotny, to nazywa się procesem izoentropowym, gdyż z warunku braku przepływu ciepła wynika, że podczas takiego procesu → entropia układu nie ulega zmianie. Odwrotny p.a. przedstawia na wykresie krzywa zwana → adiabatą; przyjmuje się więc, że odwrotny p.a. jest to taki proces, którego przebieg spełnia równanie adiabaty. Praca wykonana przez układ (lub nad układem) w odwracalnym p.a. jest równa ubytkowi (lub przyrostowi) → energii wewnętrznej układu. Zależności pomiędzy wielkościami opisującymi stan gazu i przemianę zob. w haśle → przemiana adiabaty.

**ADMITANCJA, PRZEWODNIOŚĆ POZORNA** – odwrotność impedancji, czyli stosunek natężenia prądu sinusoidalnego płynącego w obwodzie do napięcia doprowadzonego do tego obwodu.

**ADONIS** – planetoida o średnicy ok. 1,6 km, obiega Słońce w czasie 2,56 lat.

**ADRASTEJA** – mały, siódmy pod względem wielkości, księżyc Jowisza o średnicy 16 km, odkryty w 1979 r. na podstawie zdjęć nadesłanych przez sondę Voyager 2.

**ADSORBAT** → adsorpcja

**ADSORBENT** → adsorpcja

**ADSORPCJA** – tworzenie się warstwy atomów lub cząsteczek na powierzchni ciała stałego lub cieczy, czyli osadzanie się pewnych substancji na powierzchni cieczy i ciał stałych bez tworzenia wiązania chemicznego. Ze względu na mechanizm powstawania warstwy rozróżnia się: fizysoadsorpcję – występuje działanie wiązań wodorowych lub oddziaływań van der Waalsa, a adsorbowanych może być kilka warstw molekuł, oraz chemisorpcję – osadzanie się substancji z jednoczesnym tworzeniem wiązania chemicznego, gdy adsorbowana jest zwykle tylko jedna warstwa. Ogólnie proces ten zachodzi na granicy dwóch faz, a w jego wyniku stężenie substancji

na granicy faz może być większe (a. dodatnia) lub mniejsze (a. ujemna) niż w głębi. Ciało adsorbujące nazywamy **adsorbentem**, substancję ulegającą a. dodatniej nazywamy substancją adsorbowaną, czyli **adsorbatem**. A. zależy od sił przyciągania między cząsteczkami ( $\rightarrow$  siły van der Waalsa) adsorbenta i adsorbatu. A. mogą ulegać gazy, pary, ciecze oraz substancje rozpuszczone w cieczach lub obecne w gazie. Do najbardziej znanych adsorbentów należy węgiel, którego z racji tej właściwości używa się w różnego rodzaju filtrach. Stopień a. charakteryzuje stężenie powierzchniowe, tzn. ilość substancji adsorbowanej, jaka osadziła się na jednostce powierzchni adsorbenta. Stężenie powierzchniowe zależy od rodzaju adsorbenta, jak i adsorbatu oraz od temperatury i ciśnienia. Maksymalne stężenie powierzchniowe (nasylenie a.) odpowiada utworzeniu się warstwy monocząsteczkowej (jednocząsteczkowej), w której cząsteczki substancji adsorbowanej wypełniają mniej lub bardziej gęsto (zależnie od temperatury) całą powierzchnię adsorbenta. Określa się tzw. współczynnik adsorpcji, który informuje, jaki jest ubytek masy adsorbata w molach na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni warstwy w porównaniu z jego zawartością w takiej samej objętości stykających się faz. A. zawsze zmienia stan powierzchni adsorbenta, w szczególności jego  $\rightarrow$  napięcie powierzchniowe, następuje obniżenie  $\rightarrow$  energii swobodnej warstwy powierzchniowej adsorbenta. A. zachodzi zazwyczaj z wydzieleniem ciepła i może być procesem odwracalnym (desorpcja). Jest wykorzystywana do rozdzielania i oczyszczania mieszanin gazów lub cieczy.

**AERODYNAMIKA** – dział mechaniki zajmujący się zjawiskami występującymi podczas ruchu gazów i siłami występującymi podczas ruchu ciał stałych w gazach; główne zastosowania praktyczne – przemysł motoryzacyjny i lotnictwo.

**AEROLITY** – meteoryty kamienne spadające na Ziemię.

**AEROSTATYKA** – dział mechaniki zajmujący się badaniem warunków równowagi gazów (głównie powietrza atmosferycznego) i zanurzonych w nich nieruchomych lub bardzo wolno poruszających się ciał stałych. Najważniejsze prawo  $\rightarrow$  Archimedesa prawo. Zob. też  $\rightarrow$  Archimedes.

**AEROZOLE** – roztwory  $\rightarrow$  koloidalne cieczy lub ciał stałych w gazie; układy dwufazowe rozproszone, w których ośrodkiem rozpraszającym jest gaz, a fazę rozproszoną może stanowić ciecz (wtedy powstaje mgła) lub ciało stałe (wtedy jest to dym lub drobny pył). A. stosuje się w lecznictwie (postać niektórych leków, np. przeciwastmatycznych), w przemyśle, ochronie roślin, w produkcji kosmetyków i środków higieny osobistej.

**AEROZOLE PROMIENIOTWÓRCZE** – występują w postaci mgły lub dymu, a powstają przez osiadanie substancji promieniotwórczych na pyłach np. podczas działania reaktorów jądrowych, wybuchów bomb jądrowych oraz oddziaływania promieniowania kosmicznego z pyłami atmosfery.

**AFINICZNE PRZEKSZTAŁCENIE, AFINICZNE POWINOWACTWO** – wzajemnie jednoznaczne przekształcenie płaszczyzny na płaszczyznę, określone wzorami:

$$\begin{aligned} x' &= a_{11}x + a_{12}y + a \\ y' &= a_{21}x + a_{22}y + b \\ \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} &\neq 0 \end{aligned}$$

Szczególnymi przypadkami a.p. są: translacja, jednokładność, obrót dookoła początku układu współrzędnych, symetria względem osi  $x$  i  $y$ .

**AGN** – jądra galaktyk aktywnych ( $\rightarrow$  kwazary,  $\rightarrow$  galaktyki Seyferta i  $\rightarrow$  radiogalaktyki), które promieniają więcej energii niż może to być wytłumaczone obecnością gwiazd.

**Ah** – symbol jednostki  $\rightarrow$  amperogodzina.

**AIRY SIR GEORGE BIDDELL (1801–1892)** – profesor uniwersytetu Cambridge, dyrektor obserwatorium astronomicznego w Cambridge i Greenwich, autor prac z astronomii teoretycznej i optyki astronomicznej. Odkrył astygmatyzm oka i pewną klasę funkcji cylindrycznych, udowodnił doświadczalnie zależność siły przyciągania ziemskiego od wysokości n.p.m.

**A.J.M.**  $\rightarrow$  atomowa jednostka masy.

ściwości nazywa się ciałami plastycznymi (por. → kruche ciało).

**PLATON** – (ok. 427–347 r. p.n.e), grecki filozof, ojciec pochodził ze znanego rodu Kodrosa, pozycja społeczna rodziny wywarła duży wpływ na jego ukierunkowanie polityczne. Był twórcą platonizmu, założył Akademię Platońską, swoje traktaty filozoficzne tworzył w formie dialogów (35 dialogów), których tekst był rozpisany na role, głosił, że wiedza jest poszukiwaniem prawdy.

**PLAZMA** – gaz zjonizowany, zwykle elektrycznie quasi-obojętny, tzn. mający niemal jednakowe gęstości ładunków dodatnich i ujemnych. Charakterystyczną cechą p. jest oddziaływanie na siebie zawartych w niej cząstek siłami dalekiego zasięgu (w odróżnieniu od zwykłego gazu, w którym obojętne cząstki oddziałują ze sobą jedynie podczas zderzeń). Cecha ta może się przejawiać tylko wtedy, gdy zbiorowisko cząstek stanowiących p. jest odpowiednio liczne i jeśli rozmiary liniowe zajmowanego obszaru są o wiele większe od promienia Debye'a. Istniejące w p. oddziaływania dalekiego zasięgu, za które są odpowiedzialne siły kulombowskie, powodują wiele cech odróżniających plazmę od zwykłego gazu i stwarzających podstawę do uważania jej za odrębny stan materii. Cechami tymi są: silne oddziaływanie p. z wewnętrznym polem elektrycznym i magnetycznym, związane z wysokim jej przewodnictwem, a także specyficzne „kolektywne” oddziaływanie cząstek. W warunkach ziemskich, szczególnie w pobliżu powierzchni Ziemi, występowanie p. swobodnej jest zjawiskiem rzadkim (błyskawice). W górnych warstwach atmosfery, które są bardziej narażone na działanie cząstek jonizujących pochodzenia kosmicznego, stale istnieje słabo zjonizowana p. jonosfery (i związane z nią zjawiska zorzy polarnej). W przestrzeni kosmicznej p. jest najczęściej spotykanym stanem materii. Słońce, gwiazdy, niektóre obłoki materii międzygwiazdowej składają się z plazmy całkowicie zjonizowanej. Plazmę w stanie związanym stanowi gaz elektronowy w metalach.

**PLEJADY, M 45** – otwarta gromada gwiazd otoczonych niebieską mgławicą, znajduje się w gwiazdozbiórze Byka. Składa się z kilkuset młodych gwiazd, większość to błękitne olbrzymy typu widmowego B, odległa o ok. 340 lat świetlnych.

Najjaśniejszymi gwiazdami są gwiazdy nazwane Siedmioma Siostrami lub Kokoszkami.

**PLUTON** – do 24 sierpnia 2006 r. uważany za planetę Układu Słonecznego, odkryty w 1930 r., obiega Słońce w czasie ok. 250 lat, porusza się po eliptycznej orbicie o dużym mimośrodzie i znacznym kącie nachylenia do płaszczyzny ekliptyki. Jego masa planety karłowatej stanowi 0,002 masy Ziemi. Powierzchnia P. jest pokryta zestalonymi gazami – azotem i metanem, które tworzą śnieżną pokrywę mocno odbijającą światło. Jego jądro zbudowane jest ze skał krzemowych, atmosfera P. jest bardzo rozrzedzona i zbudowana głównie z gazowego metanu, temperatura na jego powierzchni wynosi ok.  $-230^{\circ}\text{C}$ . Istnieją hipotezy, że P. jest odrzuconym księżycem Neptuna, ostatnio zaś ze względu na jego niewielkie rozmiary uznano go za → planetę karłowatą.



Pluton

**PŁASZCZYZNA SIECIOWA** → sieć krystaliczna

**PŁASZCZ ZIEMI** – warstwa w głębi Ziemi, zawarta między skorupą ziemską a jądrem Ziemi, w której rozchodzą się fale sejsmiczne. Rozciąga się od 33 do 2900 km pod powierzchnią.

**PŁYN** – pojęcie stosowane w mechanice do oznaczenia ośrodków niewykazujących sprężystości postaci, a więc zarówno gazów, jak i cieczy. Ogólny opis mechaniczny gazu i cieczy jest identyczny, a różnice między tymi dwoma rodzajami ciał mają charakter jedynie ilościowy, stąd współ-

ny model mechaniczny dla gazów i cieczy. Opisem i badaniem zjawisk mechanicznych w tych ośrodkach zajmuje się mechanika płynów. Jakościowe różnice fizyczne między cieczą i gazem występują tylko w ograniczonym zakresie wartości ciśnienia i temperatury, poniżej wartości tych parametrów odpowiadających stanowi → krytycznemu; z tego względu zawsze możliwe jest ciągłe przejście (bez zmian jakościowych typu przemian → fazowych) od cieczy do gazu i odwrotnie. W mechanice p. występują dwie zasadnicze metody opisu ruchu p. W metodzie Lagrange'a podaje się dla każdej „cząstki” (nieskończenie małego elementu) p. zależność od czasu wszystkich jej współrzędnych. Cząstki p. odróżnia się za pomocą miejsca, w którym znajdowały się w pewnej wybranej, początkowej chwili czasu. Cząstki „numeruje” się więc ich współrzędnymi w chwili początkowej. Metoda Eulera, najczęściej stosowana, polega na tym, że podaje się, jak zmienia się w czasie prędkość p. w każdym punkcie przestrzeni (pole wektorowe prędkości). Przy metodzie Eulera nie jest badany los poszczególnych cząstek p. i nie wiadomo, do jakiej cząstki należy wektor prędkości, który w danej chwili przypisany jest danemu miejscu. Zmiana prędkości cząstki p., która w pewnej chwili przechodzi przez punkt  $P$ , jest związana zarówno z tym, że w punkcie  $P$  wektor prędkości zmienia się z upływem czasu, jak i z tym, że cząstka przechodzi do sąsiednich punktów, w których nawet w tej samej chwili wektor prędkości jest inny. Najczęściej stosowanymi równaniami ruchu p. są równania → Eulera i równania → Naviera-Stokesa.

**PŁYNIĘCIE MATERIAŁU** – zwiększanie się odkształcenia mechanicznego ciała plastycznego (aż do zniszczenia ciała) pod wpływem stałych naprężeń mechanicznych o dostatecznie dużej wartości, zwanej granicą płynięcia (graniczną wytrzymałością mechaniczną); granica płynięcia wyznacza więc maksymalne naprężenia mechaniczne, jakie można wytworzyć w ciele. Zjawisko p.m. występuje wyraźnie w zakresie już stosunkowo niewielkich naprężeń w przypadku np. smoły, o czym łatwo się przekonać, umieszczając w ciepłej porze roku kawałek smoły w lejku – po pewnym czasie smoła wypłynie przez lejek na zewnątrz (siłą zewnętrzną działającą na smołę i wytwarzającą w niej naprężenia mechaniczne jest w tym przypadku siła ciężkości).

**PŁYN NEWTONOWSKI** → lepkość

**PŁYWAKA REGUŁA** → Ampere'a reguła

**PŁYWY** – cykliczne zjawiska zachodzące na Ziemi pod wpływem przyciągania grawitacyjnego Słońca i Księżycy, np. przyptywy i odpływy wód w morzach i oceanach, deformacje skorupy ziemskiej. P. wywołane przez Księżyc występują w cyklu 12 godzin i 25 minut, p. wywołane przez Słońce mają okres 12-godzinny. Pierwszą teorię p. sformułował Izaak Newton.

**POCHODNIE SŁONECZNE** – jasne miejsca w górnych warstwach fotosfery, poprzedzające pojawienie się plam słonecznych. Ich średni czas życia wynosi ok. 20 dni, w trakcie wysokiego stopnia aktywności słonecznej zajmują znaczną część tarczy. Temperatura p.s. jest o 200–300 K wyższa od temperatury fotosfery.

**PODATNOŚĆ ELEKTRYCZNA**  $\chi$  – bezwymiarowa wielkość fizyczna charakteryzująca zdolność polaryzacji dielektryka znajdującego się w zewnętrznym polu elektrycznym o natężeniu  $\vec{E}$ .

Podatność elektryczna określona jest jako współczynnik proporcjonalności:

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}$$

gdzie:  $\vec{P}$  – wektor polaryzacji,  $\epsilon_0$  – przenikalność elektryczna próżni.

Podatność elektryczna związana jest z przenikalnością elektryczną ośrodka  $\epsilon$  wzorem:

$$\chi = \epsilon - 1$$

**PODKARŁY** – gwiazdy znajdujące się pod ciągiem głównym na diagramie Hertzsprung-Russela, należą do IV klasy jasności.

**PODOLBRZYMY** – gwiazdy pośrednie między karłami i olbrzymami, o masach porównywalnych z masą Słońca, należą do gwiazd IV klasy jasności, są w stadium ewolucyjnym przed osiągnięciem stadium czerwonych olbrzymów.

**PODWÓJNE ZAŁAMANIE ŚWIATŁA**  
→ **dwójtomność**

**ZDOLNOŚĆ EMISYJNA**  $E_{v,T}$  – wielkość charakteryzująca zdolność ciała do emisji promieniowania elektromagnetycznego, liczbowo równa gęstości mocy promieniowania w przedziale częstotliwości jednostkowej:

$$E_{v,T} = \frac{dW}{dv}$$

gdzie:  $dW$  – energia promieniowania ciepłego wysyłanego przez jednostkę powierzchni ciała w ciągu jednostki czasu.

Z.e. zależy od temperatury bezwzględnej ciała, częstotliwości  $\nu$  oraz od materiału, z którego ciało jest zbudowane, jego kształtu i stanu powierzchni.

**ZEEMAN PIETER (1865–1943)** – holenderski fizyk, prowadził badania w zakresie optyki, w 1896 r. odkrył wpływ pola magnetycznego na strukturę linii widmowych ciał świecących, za co w 1902 r. wraz z Hendrikiem Lorentzem otrzymał Nagrodę Nobla.

**ZENIT** – punkt leżący nad horyzontem w miejscu, gdzie linia ciągnąca się przez nasze miejsce obserwacji i środek Ziemi przecina sferę niebieską.

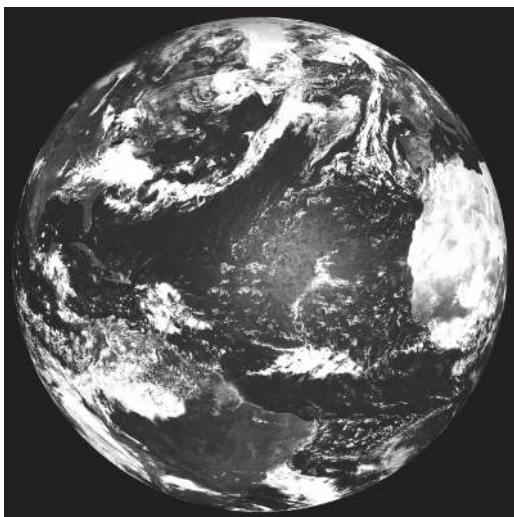
**ZERNIKE FRITS (1888–1966)** – holenderski fizyk, członek Królewskiej Holenderskiej Akademii Nauki i Sztuki, prowadził badania z zakresu optyki, wynalazł metodę tzw. kontrastu fazowego w badaniach mikroskopowych, za co w 1953 r. otrzymał Nagrodę Nobla, a w szczególności za zbudowanie mikroskopu fazowo-kontrastowego, który umożliwił oglądanie wnętrza żywej komórki.

**ZERO BEZWZGLĘDNE** – najniższa wartość temperatury termodynamicznej w skali bezwzględnej. Nazwa ta ma swoje uzasadnienie w tym, że z.b. stanowi przy obniżaniu temperatury termodynamicznej granicę, której przekroczyć już nie można (ściślej: której osiągnąć nie można, → termodynamiki zasada trzecia). Temperatura bezwzględna jest bowiem proporcjonalna do średniej energii kinetycznej ruchów cieplnych cząsteczek tworzących dane ciało. Obniżanie temperatury polega na systematycznym zmniejszaniu energii kinetycznej cząsteczek poprzez zmniejszanie intensywności ruchów cieplnych. Przy całkowitym zaniku ruchów cieplnych, co

odpowiada temperaturze z.b., ruch cząsteczek zanika. Nie oznacza to, że w temperaturze z.b. ustają wszelkie ruchy materii – w dalszym ciągu w atomach poruszają się elektrony, w jądrach nukleony, w dalszym ciągu drgają atomy w ciałach stałych i w cząsteczkach (tzw. drgania zerowe).

**ZIEMECKI STANISŁAW (1881–1956)** – fizyk, w latach 1909–1939 r. prof. Szkoły im. Wawelberga i Rotwanda w Warszawie, od 1945 prof. Uniwersytetu w Lublinie. Autor wielu podręczników szkolnych i prac z fizyki atomowej, optyki i promieniowania kosmicznego.

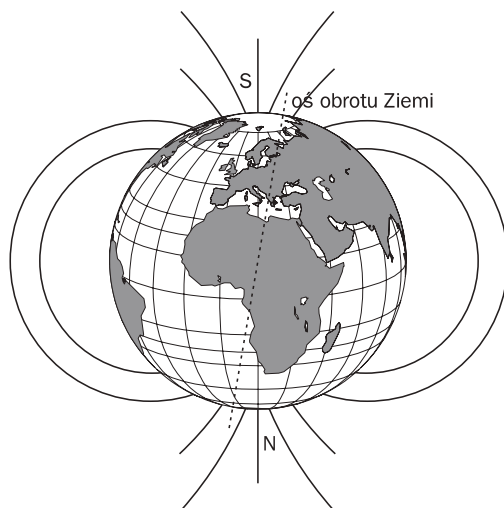
**ZIEMIA** – trzecia planeta Układu Słonecznego, planeta w 70% pokryta wodą, ma kształt geoidy, promień równikowy o długości 6378,24 km, spłaszczenie wynosi 21,38 km, objętość 1 083 mld km<sup>3</sup>, powierzchnia 510 mln km<sup>2</sup>, masa 5977 trylionów ton, na jej powierzchni jest skorupa ziemska o grubości 30–60 km na kontynentach i 4–8 km pod oceanami, składa się głównie z granitu i bazaltu, pod skorupą do głębokości 2900 km jest płaszcz Z., w którym zachodzą ruchy skał, stanowi on 80% objętości naszej planety i skupia 70% jej masy. Pod płaszczem znajduje się jądro złożone z żelaza i niklu, na skutek ruchu wirowego jądro wytwarza pole magnetyczne. Ponad powierzchnią Z. rozciąga się atmosfera, składająca się z azotu, ok. 78% tlenu i argonu, zawartość pozostałych gazów: dwutlenku węgla, helu, metanu, kryptonu i innych jest niewielka i nie przekracza 0,04%. W atmosferze są też kropelki wody, kryształki lodu, para wodna oraz drobne pyłki różnego pochodzenia, piasek i zanieczyszczenia przemysłowe. Z. obiega Słońce po orbicie kołowej, jej średnia odległość od Słońca wynosi 150 mln km i jest nazwana jednostką astronomiczną AU, pełen obieg Z. wokół Słońca trwa 365,25 dnia i jest nazwany rokiem gwiazdowym, czas obrotu wokół własnej osi trwa jedną dobę – 23 h 56 min 4 s, na skutek pływów i przemieszczania się mas powietrza Z. porusza się coraz wolniej, doba wydłuża się o jedną tysięczną sekundy na sto lat. Z. posiada jednego naturalnego satelitę – Księżyc.



Ziemia

**ZIEMSKIE POLE MAGNETYCZNE** – występujące naturalnie pole magnetyczne, którego głównym źródłem jest Ziemia. W każdym punkcie położonym w sąsiedztwie, na powierzchni lub we wnętrzu Ziemi można stwierdzić istnienie pola magnetycznego. Z.p.m. rozciąga się na kilkadziesiąt tysięcy kilometrów od Ziemi, tworząc magnetosferę. Można obrazowo przedstawić, że jest to pole, jakie by wytwarzał → dipol magnetyczny umieszczony w środku Ziemi, lecz mający oś odchyloną od osi obrotu Ziemi o kąt  $11,3^\circ$ . Ta składowa z.p.m. nosi nazwę pola głównego. Ponadto wyróżnia się znacznie słabszą składową, zwaną polem regionalnym. Pole regionalne, którego natężenie nie przekracza 10% natężenia pola głównego, można traktować jako pochodzące od kilku dipoli magnetycznych porozmieszczanych w pewien sposób we wnętrzu kuli ziemskiej. Prócz tego występują lokalne składowe z.p.m., zwane anomaliami magnetycznymi (np. anomalia kurska), pochodzące od lokalnych skupisk rud minerałów ferromagnetycznych.

W każdym punkcie przestrzeni pole magnetyczne określone jest wektorem pola, który określa się w układzie współrzędnych Ziemi, podając jego składową północną, wschodnią i pionową. W układzie współrzędnych cylindrycznych określa się → deklinację, składową poziomą oraz składową pionową, a w układzie sferycznym określa się → inklinację, deklinację i moduł natężenia pola.



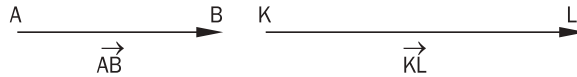
Deklinacja pola magnetycznego to kąt między jego składową poziomą a południkiem geograficznym. Inklinacja jest to kąt, jaki tworzy wektor natężenia pola z płaszczyzną poziomą. Na mapach obrazujących pole magnetyczne wytycza się linie łączące punkty o jednakowej deklinacji, zwane → izogonami. Linie łączące punkty o jednakowej inklinacji to → izokliny, izoklina odpowiadająca inklinacji równej  $0^\circ$  nazywana jest równikiem magnetycznym. Jako pierwszy natężenie pola magnetycznego zmierzył Carl Friedrich Gauss w 1835 r. Od początku XX wieku dokonuje się systematycznych pomiarów pola magnetycznego w wielu ośrodkach badawczych. Polska uczestniczy w tych badaniach, stale utrzymując stacje geofizyczne m.in. na Antarktydzie i na Spitsbergenie. Zgromadzone dane wykazują, że pole magnetyczne cały czas się zmienia. Zauważa się, że stałe pole magnetyczne słabnie z czasem połowicznego zaniku w przybliżeniu równym 1400 lat. Obecnie jest 10–15% słabsze niż 150 lat temu. Zmiany spowodowane są przez zjawiska zachodzące wokół Ziemi, takie, jak deformacja pola magnetycznego wywoływana przez wiatr słoneczny czy zmiany w jonosferze ziemskiej. Obserwuje się zmiany okresowe z najsilniejszą zmianą dobową, a także znacznie słabszą zmianę wywołaną położeniem Księżyca. Uważa się, że główną przyczyną zmiany dobowej są wiatr słoneczny i słoneczne promieniowanie elektromagnetyczne wpływające na położenie i prądy w jonosferze. Wpływem Księżyca tłumaczy się zmiany pola poprzez wywoływanie pływów

**DODATEK**  
**ENCYKLOPEDYCZNY**

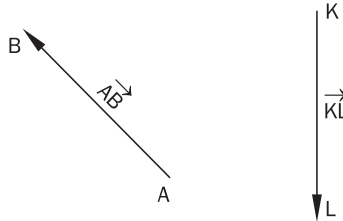
## POTRZEBNE JEDNOSTKI I SYMBOLE

Wielkość	Symbol wielkości	Jednostka	Jednostki
długość	l	metr	m
szerokość	a	metr	m
wysokość	h	metr	m
grubość	d	metr	m
promień	r	metr	m
średnica	d	metr	m
pole powierzchni	P	metr kwadratowy	m <sup>2</sup>
objętość	V	metr sześcienny	m <sup>3</sup>
czas	t	sekunda	s
kąt	$\alpha, \beta, \gamma$	stopień, radian	°, rad
masa	m	kilogram	kg
prędkość liniowa	v	metr na sekundę	$\frac{m}{s}$
szybkość liniowa	v	metr na sekundę	$\frac{m}{s}$
przyspieszenie liniowe	a	metr na sekundę do kwadratu	$\frac{m}{s^2}$
szybkość kątowna	$\omega$	radian na sekundę	$\frac{rad}{s}$
przyspieszenie kątowe	$\varepsilon$	radian na sekundę do kwadratu	$\frac{rad}{s^2}$
przyspieszenie ziemskie	g	metr na sekundę do kwadratu	$\frac{m}{s^2}$
okres	T	sekunda	s
częstotliwość	f	herc	Hz
gęstość	$\rho$	kilogram na metr sześcienny	$\frac{kg}{m^3}$
pęd	p	kilogram metr na sekundę	$\frac{kg \cdot m}{s}$
moment pędu, kręt	b	kilogram metr kwad. na sekundę	$\frac{kg \cdot m^2}{s}$
siła	F	niuton	N
ciśnienie	p	paskal	Pa
praca	W	dżul	J
energia	E	dżul	J
energia kinetyczna	E <sub>k</sub>	dżul	J
energia potencjalna	E <sub>p</sub>	dżul	J
moc	P	wat	W
temperatura	t	stopień Celsjusza	°C
temperatura bezwzględna	T	kelwin	K
ciepło	Q	dżul	J

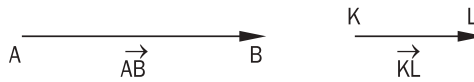
– wektory o tym samym kierunku



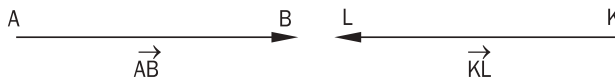
– wektory o różnych kierunkach



– wektory o tym samym kierunku i zgodnych zwrotach

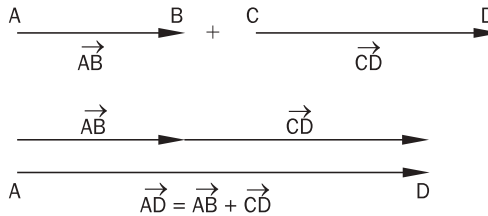


– wektory o tym samym kierunku i przeciwnych zwrotach



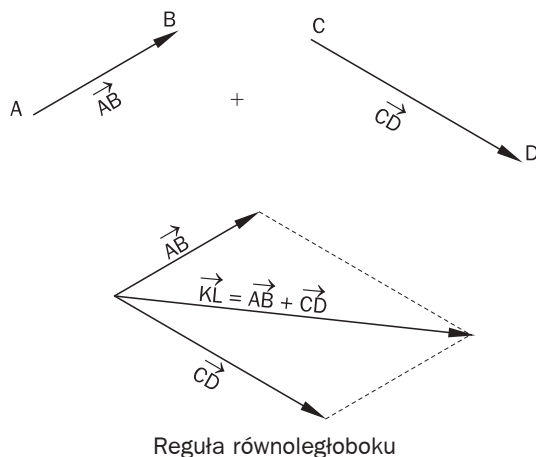
**DODAWANIE WEKTORÓW**

a) dodawanie wektorów o zgodnych zwrotach



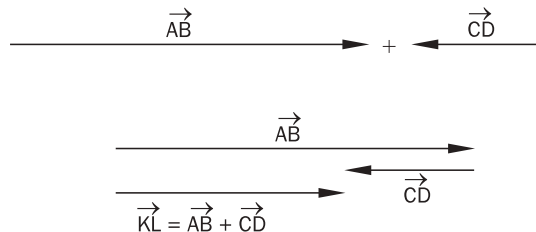
Wektor wypadkowy dwóch wektorów o zgodnych zwrotach i tym samym kierunku ma wartość równą sumie wartości wektorów składowych i zwrot zgodny ze zwrotem wektorów składowych.

b) dodawanie wektorów o różnych kierunkach



Aby wyznaczyć sumę wektorów o różnych kierunkach, należy narysować składowe wektory  $\vec{AB}$  i  $\vec{CD}$  w ten sposób, aby ich początki znajdowały się w jednym punkcie. Od ich końców kreślimy linie przerywane tak, aby powstał równoległobok. Sumą  $\vec{AB} + \vec{CD}$  jest wektor  $\vec{KL}$  wyznaczony przez przekątną równoległoboku.

c) dodawanie wektorów o przeciwnych zwrotach

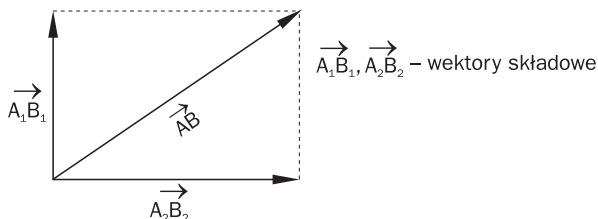


Wektor wypadkowy dwóch wektorów działających wzdłuż tej samej prostej, ale o przeciwnych zwrotach, ma wartość równą różnicy wartości wektorów składowych i zwrot zgodny ze zwrotem wektora o większej wartości.

## ROZKŁADANIE WEKTORA NA SKŁADOWE

Aby rozłożyć wektor na dwa wektory składowe, musimy znać kierunki wektorów składowych, a następnie skorzystać z reguły równoległoboku.

Wartości wektorów składowych wyznaczają dwa boki równoległoboku.



## INDEKS POJĘĆ I NAZW WŁASNYCH

## A

- a – 5  
A – 5  
Å – 5  
aberracja – 5  
aberracja chromatyczna – 5  
aberracja geometryczna – 6  
aberracja sferyczna – 6  
aberracja światła – 6  
ablacja – 6  
absorpcja – 6  
absorpcja międzygwiazdowa – 6  
absorpcja promieniowania elektromagnetycznego – 6  
absorpcja rezonansowa – 7  
absorpcja światła – 7  
achromat – 7  
achromatyzacja – 7  
addytywne wielkości fizyczne – 7  
addytywności zasada – 7  
addytywność wielkości fizycznych – 7  
adhezja – 7  
adiabata – 8  
adiabatywny proces – 8  
admitancja – 8  
Adonis – 8  
Adrastea – 8  
adsorbat – 8  
adsorbent – 8  
adsorpcja – 8  
aerodynamika – 9  
aerolity – 9  
aerostatyka – 9  
aerozole – 9  
aerozole promieniotwórcze – 9  
afiniczne powinowactwo – 9  
afiniczne przekształcenie – 9  
AGN – 9  
Ah – 9  
a.j.m. – 9  
akcelerator – 10  
akcelerator cykliczny – 10  
akcelerator elektrostatyczny van de Graaffa – 10  
akcelerator liniowy – 11  
akceptor – 11  
akomodacja oka – 11  
akrecja – 11  
aktynowce – 11  
aktywacja – 12  
aktywność optyczna – 12  
aktywność promieniotwórcza źródła – 12  
aktywność Słońca – 12  
aktywność właściwa – 13  
akumulator – 13  
akumulator elektryczny – 13  
akustyka – 13  
Akwarydy – 13  
albedo – 13  
Aldebaran – 14  
aldrey – 14  
alfa cząstka – 14  
Algol – 14  
ALH 84001 – 14  
Alioth – 14  
Allende – 14  
alotropia – 14  
alotropizm – 14  
alotropowa odmiana – 14  
alotropowa przemiana – 14  
Altair – 14  
alumel – 15  
Amagata prawo objętości cząstkowych – 15  
Almatea – 15  
Amor – 15  
amorficzne ciało – 15  
amper – 15  
Ampère'a prawo – 15  
Ampère'a reguła korkociągu – 16  
Ampère'a reguła pływaka – 16  
amperogodzina – 16  
amperomierz – 16  
amplituda – 17  
analiza błędów – 17  
analiza drgań Fouriera – 17  
analiza harmoniczna – 17  
analiza widmowa – 17  
analizator optyczny – 17  
analogia fizyczna – 18  
Ananke – 18  
Andromeda – 18  
Andromedydy – 18  
anemometr – 18  
aneroid – 18  
angstrem – 18

## INDEKS NAZWISK

**A**

Abbe Ernst – 5  
 Abrikosow Aleksiej – 6  
 Airy sir George Biddell – 9  
 Alembert Jean le Rond d' – 14  
 Alfierow Žores – 14  
 Alfvén Hannes Olof Gösta – 14  
 Alvarez Luis Walter – 15  
 Ambarcumian Wiktor – 15  
 Amici Giovanni Battista – 15  
 Ampère Andre Marie – 15  
 Anderson Carl David – 18  
 Anderson Philip Warren – 18  
 Anschütz Ottomar – 20  
 Appleton Edward V. – 22  
 Arago Dominique Francois Jean – 22  
 Archimedes – 22  
 Arderson Philip W. – 23  
 Armstrong Neil Alden – 24  
 Arrhenius Svante – 24  
 Arystoteles – 24  
 Auger Pierre Victor – 33  
 Avogadro Amadeo – 34

**B**

Baird John Logie – 35  
 Balmer Johann Jacob – 36  
 Bardeen John – 36  
 Barkla Charles Glover – 37  
 Bartholin Erasmus – 39  
 Basow Nikołaj – 40  
 Becquerel Antoine Henri – 42  
 Bednorz Johannes – 42  
 Bernoulli Daniel – 42  
 Bessel Fredrich Wilhelm – 43  
 Bethe Hans – 43  
 Białobrzęski Czesław – 44  
 Biernacki Wiktor – 45  
 Binning Gerd – 45  
 Biot Jean Baptiste – 46  
 Blackett Patrick – 46  
 Blaton Jan – 46  
 Bloch Felix – 46  
 Bloembergen Nicolas – 46  
 Bohr Aare Niels – 48  
 Bohr Niels Henrik David – 48  
 Boltzmann Ludwig Eduard – 39

Born Max – 50  
 Bose Satyendra Nath – 50  
 Bothe Walter Wilhelm Georg – 50  
 Boussinesq Valentin Joseph – 50  
 Boyle Robert – 51  
 Bragg sir William Henry – 51  
 Bragg sir William Lawrence – 52  
 Brahe Tycho de – 52  
 Brattain Walter – 52  
 Braun Karl Ferdynand – 52  
 Bravais Auguste – 52  
 Brewster sir David – 53  
 Bridgman Percy Williams – 53  
 Brockhouse Bertram – 53  
 Broglie Louis Victor – 53  
 Brown Robert – 54  
 Budzanowski Andrzej – 55  
 Bunsen Robert Wilhelm – 55

**C**

Carnot Nicolas Leonard Sadi – 59  
 Caselli Giovanni – 59  
 Cavendish Henry – 60  
 Celsjusz, Celsius Anders – 60  
 Chadwick sir James – 61  
 Chamberlain Owen – 62  
 Chandrasekhar Subrahmanyan – 62  
 Chapman Sydney – 62  
 Charles Jacques Alexandre – 62  
 Charpak Georges – 62  
 Chładni Ernst – 63  
 Chu Steven – 63  
 Ciołkowski Konstantin – 73  
 Clapeyron Benoît – 77  
 Clausius Rudolf Julius Emanuel – 77  
 Cockerell Christopher – 77  
 Cockroft sir John Douglas – 78  
 Cohen-Tannoudji Claude – 78  
 Compton Arthur Holly – 78  
 Cooper Leon – 79  
 Coriolis Gaspard-Gustave de – 81  
 Cormack Allan – 81  
 Cornell Eric – 81  
 Coulomb Charles Augustin de – 81  
 Cronin James Watson – 82  
 Crookes sir William – 82  
 Curie Pierre – 82



***Encyklopedia Fizyka z Astronomią*** Wydawnictwa GREG to pozycja, której brakowało na rynku wydawnictw edukacyjnych. Jest to pierwsze tak całościowe, kompletne i rzetelne opracowanie materiału z fizyki z elementami astronomii z zakresu szkolnego, często poszerzane o dodatkowe informacje i ciekawostki.

Fizyka nie jest ulubionym przedmiotem uczniów, nie jest też najłatwiejsza. Autorki *Encyklopedii* sprawiły, że obcowanie z tą pozycją staje się nie tylko niezbędną pomocą naukową w praktyce szkolnej, ale również wciągającą i ciekawą rozrywką intelektualną. Fizyka i astronomia są bowiem fascynującymi dziedzinami wiedzy.

Wszystkie informacje zostały podane w sposób jasny, przejrzysty, prostym i zrozumiałym językiem, często opatrzone rysunkami i wykresami. (...)

Dodatkowym atutem pozycji jest dodatek encyklopedyczny zawierający wszystkie podstawowe wiadomości, wykresy, wzory i zestawienia, tak pomocne przy pogłębianiu wiedzy fizycznej oraz podczas nauki w szkole, do matury czy egzaminów. Serdecznie polecam!

*z recenzji dr Agnieszki Krawczyk*



**GREG**<sup>®</sup> 31-979 Kraków  
WYDAWNICTWO ul. Klasztorna 2B  
księgarnia internetowa: **www.greg.pl**