

KOMPENDIUM Z FIZYKI

Zbiór wszystkich pojęć, niezbędnych do
pozytywnego zaliczenia, testów i egzaminów.

Poznań 2006

1. Ruch stały prostoliniowy.

1.1 Prędkość:

$$\vec{V} = \frac{\vec{S}}{T} \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

Oznaczenia:

V - prędkość, (V=const.); S - przemieszczenie; T - czas

2. Ruch zmienny.

2.1 Przyspieszenie:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{d\vec{V}}{dT} \quad \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

2.2 Przemieszczenie:

$$\vec{S} = \vec{V}_0 \cdot T \pm \frac{\vec{a} \cdot T^2}{2} \quad [m]$$

2.3 Prędkość końcowa:

$$\vec{V}_k = \vec{V}_0 \pm \vec{a} \cdot T \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

Oznaczenia:

a - przyspieszenie; V₀ - prędkość początkowa; S - przemieszczenie; T - czas; V - prędkość; V_k - prędkość końcowa

3. Ruch po okręgu.

3.1 Ruch z prędkością stałą.

3.1.1 Prędkość kąтова:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dT} = \frac{2\Pi}{T} = 2\Pi \cdot \nu$$

3.1.2 Warunek ruchu po okręgu - siła dośrodkowa:

$$F_d = m\omega^2 r = m \frac{V^2}{r}$$

3.2 Ruch z prędkością zmienną.

3.2.1 Przyspieszenie kątowe:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dT}$$

3.2.2 Przyspieszenie liniowe:

$$a = r \cdot \varepsilon$$

3.2.3 Prędkość liniowa chwilowa:

$$\vec{V} = r \cdot \vec{\omega}$$

3.2.4 Przemieszczenie:

$$S = r \cdot \varphi$$

3.2.5 Prędkość kąтова końcowa:

$$\omega_k = \omega_0 \pm \varepsilon \cdot T$$

3.2.6 Kąt zakreślony:

$$\varphi = \omega_0 \cdot T \pm \frac{\varepsilon \cdot T^2}{2}$$

3.2.7 Częstotliwość:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \left[\frac{1}{s} = Hz\right]$$

Oznaczenia:

ω - prędkość kąтова; ω_k - prędkość kąтова końcowa; ω₀ - prędkość kąтова początkowa; φ - kąt; T - czas; r - promień okręgu; ε - przyspieszenie kątowe; a - przyspieszenie liniowe; S - przemieszczenie; V - Prędkość liniowa chwilowa; ν - częstotliwość; m - masa;

3.2.8 Moment siły:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = r \cdot F \cdot \sin(\vec{r}, \vec{F})$$

Oznaczenia:

M - moment siły; r - ramię siły (wektor poprowadzony od osi obrotu do siły, ⊥ do kierunku); F - siła

4. Zasady dynamiki Newtona

4.1 Pierwsza zasada dynamiki:

Istnieje taki układ, zwany układem inercyjnym, w którym ciało, na które nie działa żadna siła lub działające siły równoważą się, pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem stałym prostoliniowym.

4.2 Druga zasada dynamiki:

Jeżeli na ciało działa siła niezrównoważona zewnętrzna (pochodząca od innego ciała) to ciało to porusza

się ruchem zmiennym. Wartość przyspieszenia w tym ruchu wyraża wzór: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

4.3 Trzecia zasada dynamiki:

Jeżeli ciało A działa na ciało B siłą F , to ciało B działa na ciało A siłą F' . Wartość i kierunek siły F' jest równy wartości i kierunkowi siły F , a jej zwrot jest przeciwny do zwrotu siły F .

Oznaczenia:

a - przyspieszenie; F - siła; m - masa

5. Zasada względności Galileusza.

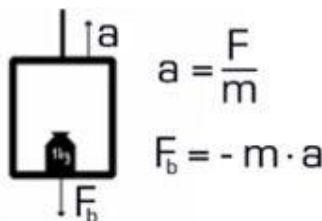
5.1 Zasada względności Galileusza:

Prawa mechaniki są jednakowe we wszystkich układach inercjalnych, tj. obserwatorzy z różnych układów inercjalnych stwierdzą taki sam ruch badanego obiektu. Ruch jednostajny prostoliniowy jest nierozróżnialny od spoczynku - obserwując zjawiska mechaniczne nie jesteśmy w stanie go rozróżnić.

6. Siła bezwładności.

6.1 Siła bezwładności.

Jest to siła nie pochodząca od żadnego z ciał. Pojawia się, gdy układ staje się nieinercjalny.



Oznaczenia:

a - przyspieszenie windy; F - siła ciągnąca windę; m - masa ciężarka; M - masa układu (winda + ciężarek); F_b - siła bezwładności.

7. Rzut poziomy.

7.1 Rzut poziomy:

Jest to złożenie ruchu jednostajnie przyspieszonego (płaszczyzna pionowa) z ruchem jednostajnym (płaszczyzna pozioma).

7.2 Prędkość w rzucie poziomym:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad , \quad V_x = \text{const.} \quad , \quad V_y = g \cdot T$$

7.3 Wysokość i droga w rzucie poziomym:

$$h = \frac{gT^2}{2} \quad , \quad l = V_x \cdot T$$

Oznaczenia:

V - prędkość całkowita chwilowa; V_x - pozioma składowa V , $V_x = \text{const}$; V_y - pionowa składowa V ; g - przyspieszenie ziemskie; T - czas; h - wysokość (długość lotu w pionie); l - zasięg rzutu

8. Pęd i zasada zachowania pędu.

8.1 Pęd.

Jest to wielkość fizyczna wyrażająca się wzorem:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{V}$$

8.2 Zasada zachowania pędu:

Jeżeli na ciało lub układ ciał nie działa żadna siła zewnętrzna (pochodząca od innego ciała), to całkowity pęd układu jest stały.

$$\vec{p} = \text{const.}$$

8.3 Moment pędu:

Moment pędu:

$$\vec{b} = \vec{r} \times \vec{p} = r \cdot p \cdot \sin(\vec{r}, \vec{p})$$

8.4 Zasada zachowania momentu pędu:

Jeżeli na ciało lub układ ciał wypadkowy układ działających sił jest równy 0, to:

$$\vec{b} = \text{const.}$$

8.5 Moment pędu bryły sztywnej:

$$b = \omega \cdot I$$

Oznaczenia:

V - prędkość całkowita chwilowa; p - pęd; m - masa ciała; b - moment pędu; r - ramię siły; ω - prędkość kątowa; I - moment bezwładności;

9. Energia i zasada zachowania energii.

9.1 Energia kinetyczna:

Jest to energia związana z ruchem - posiada ją ciało poruszające się. Jej wartość wyraża się wzorem:

$$E_K = \frac{mV^2}{2} \quad [J]$$

9.2 Energia potencjalna ciężkości:

Jest to energia związana z wysokością danego ciała. Jej wartość wyraża się wzorem:

$$E_P = mgh \quad [J]$$

9.3 Zasada zachowania energii:

Jeżeli na ciało nie działa żadna siła zewnętrzna - nie licząc siły grawitacyjnej - to całkowita energia mechaniczna jest stała.

9.4 Energia kinetyczna w ruchu obrotowym:

$$E_K = \frac{I\omega^2}{2}$$

Oznaczenia:

E_K - energia kinetyczna; E_P - energia potencjalna ciężkości; m - masa; V - prędkość chwilowa; g - przyspieszenie grawitacyjne; h - wysokość chwilowa; I - moment bezwładności; ω - prędkość kątowa;

10. Praca i moc.

10.1 Praca:

Jest to wielkość fizyczna wyrażająca się wzorem:

$$W = F \cdot s \quad [J]$$

10.2 Moc:

Jest to praca wykonana w danym czasie:

$$P = \frac{W}{T} \quad [W]$$

Oznaczenia:

W - praca; F - siła; s - przemieszczenie; T - czas; P - moc

11. Siła tarcia.

11.1 Siła tarcia:

Jest to siła powodująca hamowanie. Wytracona w ten sposób energia zamienia się w ciepło i jest bezpowrotnie tracona. Siła tarcia jest skierowana w przeciwną stronę do kierunku ruchu. Jej wartość wyraża wzór:

$$T = f \cdot N \quad [N]$$

Oznaczenia:

T - siła tarcia; f - współczynnik tarcia (cecha charakterystyczna danego materiału); N - siła nacisku (siła działająca pod kątem prostym do płaszczyzny styku trących powierzchni, najczęściej jest to składowa ciężaru)

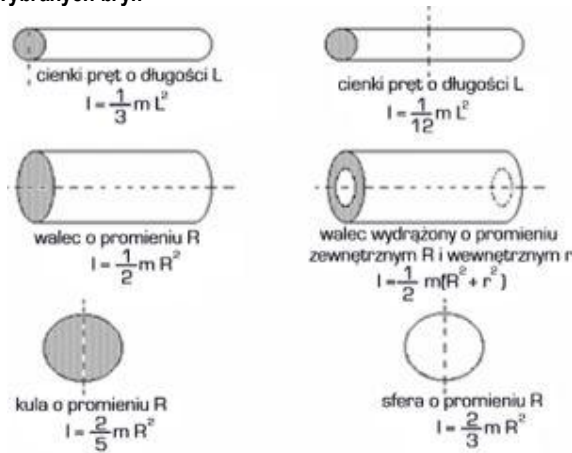
12. Moment bezwładności.

12.1 Moment bezwładności:

Jest to wielkość opisująca rozkład masy względem osi obrotu.

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$$

12.2 Momenty bezwładności wybranych brył:



12.3 Twierdzenie Steinera:

$$I = I_0 + ma^2$$

Onaczenia:

I - moment bezwładności; I_0 - moment bezwładności bryły względem osi przechodzącej przez środek masy; m - masa ciała; a - odległość nowej osi od osi przechodzącej przez środek masy; n - ilość punktów materialnych danego ciała; r - odległość punktu materialnego od osi obrotu.

13. Zderzenia centralne

13.1 Zderzenia centralne niesprężyste.

Ciała po zderzeniu poruszają się razem („sklejają się”) - nie jest spełniona zasada zachowania energii. Jest spełniona zasada zachowania pędu.

13.2 Zderzenia centralne sprężyste.

Ciała po zderzeniu poruszają się osobno, spełniona jest zasada zachowania energii i pędu.

14. Gęstość.

14.1 Gęstość:

$$\zeta = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

14.2 Ciężar właściwy:

$$d = \frac{mg}{V} = \zeta \cdot g \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

Onaczenia:

ζ - gęstość; m - masa substancji; V - objętość substancji; g - grawitacja; d - ciężar właściwy

15. Pole grawitacyjne.

15.1 Pole grawitacyjne.

Jest to taka własność przestrzeni, w której na umieszczone w niej ciała działają siły grawitacji.

15.2 Prawo powszechnej grawitacji (prawo jedności przyrody).

Dwa ciała przyciągają się wzajemnie siłami wprost proporcjonalnymi do iloczynu ich mas i odwrotnie proporcjonalnymi do kwadratu odległości między ich środkami:

$$F_G = -G \frac{Mm}{r^2} \cdot \hat{r}$$

Oznaczenia:

F_G - siła grawitacji; G - stała grawitacji; M - masa pierwszego ciała; m - masa drugiego ciała; r - odległość między środkami ciał; \hat{r} - r-wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły)

15.3 Stała grawitacji.

Jest to wielkość, z jaką przyciągają się dwa punkty materialne, z których każdy ma masę 1 kg i które są oddalone od siebie o 1 metr. Jest ona równa $6,67 \cdot 10^{-11}$ N. Jej symbolem jest G .

15.4 Przyspieszenie grawitacyjne:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_G}{m} = -G \frac{M}{r^2} \cdot \hat{r}$$

Przyspieszenie grawitacyjne jest związane z ciałem.

Oznaczenia:

F_G - siła grawitacji; G - stała grawitacji; m - masa ciała; M - masa źródła; r - odległość między środkiem ciała a środkiem źródła; \hat{r} - r-wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły)

15.5 Natężenie pola grawitacyjnego

Jest to siła grawitacji przypadająca na jednostkę masy ciała wprowadzonego do pola.

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{F}}{m} = -G \frac{M}{r^2} \cdot \hat{r} \quad \left[\frac{N}{kg} \right]$$

Natężenie pola grawitacyjnego jest związane z punktem pola.

Oznaczenia:

G - stała grawitacji; m - jednostkowa masa; M - masa źródła; r - odległość między punktem a środkiem źródła; \hat{r} - r-wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły)

15.6 Praca w polu grawitacyjnym.

Praca w polu grawitacyjnym zależy od położenia początkowego i końcowego - nie zależy od drogi.

$$W = -GMm \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right)$$

Oznaczenia:

W - praca; G - stała grawitacji; m - masa ciała; M - masa źródła; r_0 - położenie początkowe; r - położenie końcowe

15.7 Energia potencjalna pola grawitacyjnego.

Jest to praca, jaką wykonają siły zewnętrzne przemieszczając ciało z nieskończoności do punktu oddalonego o r od źródła.

$$E_p = G \frac{mM}{r} \quad [J], \quad E_p = \sum_{i=1}^n E_{p_i}$$

Oznaczenia

E_p - energia potencjalna; G - stała grawitacji; m - masa ciała; M - masa źródła; r - odległość między środkami źródła i ciała

15.8 Potencjał pola grawitacyjnego.

Jest to energia pola grawitacyjnego przypadająca na jednostkę masy ciała wprowadzonego do pola grawitacyjnego.

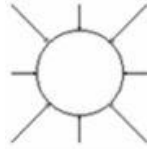
$$V = \frac{E_p}{m} = -G \frac{M}{r} \quad \left[\frac{J}{kg} \right]$$

Oznaczenia

V - stała grawitacji; E_p - energia potencjalna; G - stała grawitacji; m- masa ciała; M - masa źródła; r - odległość danego punktu od środka źródła.

15.9 Linie pola grawitacyjnego.

Są to tor, po jakich poruszają się swobodnie ciała umieszczone w polu grawitacyjnym.



linie pola są skierowane w kierunku do źródła pola

16. Prędkości kosmiczne.

16.1 Pierwsza prędkość kosmiczna.

I prędkość kosmiczna, (tzw. prędkość kołowa) to najmniejsza prędkość, jaką należy nadać obiektowi, aby mógł on orbitować wokół Ziemi lub innego ciała kosmicznego, np. innej planety w naszym układzie słonecznym. Jest to prędkość, jaką należy nadać ciału, aby doleciało ono na orbitę okołoplanetarną.

$$V_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

16.2 Druga prędkość kosmiczna.

II prędkość kosmiczna, (tzw. prędkość paraboliczna), zwana też prędkością ucieczki to najmniejsza prędkość, jaką należy nadać ciału, aby jego orbita w polu grawitacyjnym Ziemi stała się paraboliczną, co oznacza, aby ciało pokonało przyciąganie Ziemi i zostało satelitą Słońca.

Jest to prędkość, jaką należy nadać ciału, aby opuściło ono pole grawitacyjne macierzystej planety.

$$V_2 = \sqrt{2 \frac{GM}{r}}$$

16.3 Trzecia prędkość kosmiczna.

III prędkość kosmiczna jest najmniejszą prędkością początkową, przy której ciało, rozpoczynając ruch w pobliżu Ziemi lub innego ciała Układu Słonecznego, przewycięży przyciąganie całego Układu (w szczególności Słońca) i go opuści.

Oznaczenia

V_1 - pierwsza prędkość kosmiczna; V_2 - druga prędkość kosmiczna; G - stała grawitacji; M - masa źródła; r - promień macierzystej planety.

17. Elektrostatyka.

17.1 Zasada zachowania ładunku.

W układach izolowanych elektrycznie od wszystkich innych ciał ładunek może być przemieszczany z jednego ciała do drugiego, ale jego całkowita wartość nie ulega zmianie.

17.2 Zasada kwantyzacji ładunku.

Wielkość ładunku elektrycznego jest wielokrotnością ładunku elementarnego e.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \quad [C], \quad Q = ne, \quad n \in N$$

Oznaczenia

e - ładunek elementarny; n - ilość ładunków elementarnych

17.3 Prawo Coulomba:

$$\vec{F}_C = \pm k \frac{Qq}{r^2} \cdot \hat{r}$$

Oznaczenia

F_C - siła Coulomba; k - stała elektrostatyczna; Q - pierwszy ładunek; q - drugi ładunek; r - odległość pierwszego ładunku od drugiego; \hat{r} - r-wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły)

17.4 Ciało naelektryzowane.

Jest to ciało, którego suma ładunków elementarnych dodatnich jest różna od sumy ładunków elementarnych ujemnych.

17.5 Stała elektrostatyczna i przenikalność elektryczna próżni.

17.5.1 Stała elektrostatyczna:

Jest to wielkość równa liczbowo sile, z jaką oddziałują na siebie dwa ładunki 1 C w odległości 1m.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

17.5.2 Przenikalność elektryczna próżni:

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{F}{m} \right]$$

17.6 Natężenie pola elektrostatycznego.

Jest to siła Coulomba przypadająca na jednostkę ładunku:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_C}{q} = k \frac{Q}{r^2} \cdot \hat{r}$$

Natężenie pochodzące od skończonej liczby ładunków jest równe wektorowej sumie natężeń pochodzących od poszczególnych ładunków.

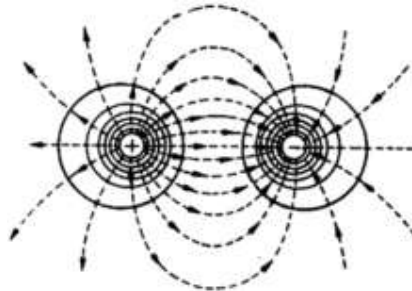
Oznaczenia

E - natężenie pola; F_C - siła Coulomba; k - stała elektrostatyczna; Q - ładunek źródłowy; q - ładunek elementarny; r - odległość źródła od danego punktu; \hat{r} - r-wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły);

17.7 Linie pola elektrostatycznego

17.7.1 Linie pola elektrostatycznego:

Są to krzywe, o których styczne w każdym punkcie pokrywają się z kierunkiem pola elektrycznego. Linie ładunku punktowego:



Pole jednorodne - linie pola są równoległe, a wartość natężenia jest stała.
Pole centralne - siły działają wzdłuż promienia.

17.7.2 Własności linii pola elektrostatycznego.

- nigdzie się nie przecinają;
- wychodzą z ładunku + a schodzą się w ładunku - ;
- dla ładunków punktowych są to krzywe otwarte;
- są zawsze \perp do powierzchni;
- można je wystawić w każdym punkcie pola;
- im więcej linii, tym natężenie większe

17.8 Strumień pola elektromagnetycznego.

Miarą strumienia pola elektromagnetycznego jest liczba linii pola elektromagnetycznego przechodzącego przez daną powierzchnię:

$$\phi = \vec{E} \bullet \vec{s} = E \cdot s \cdot \cos(\vec{E}, \vec{s}) \quad \left[\frac{N \cdot m^2}{C} \right]$$

Oznaczenia

ϕ - strumień pola; E - natężenie pola; s - pole powierzchni;

17.9 Prawo Gaussa.

Prawo Gaussa służy do obliczania natężeń pochodzących od poszczególnych ciał. Aby posłużyć się prawem Gaussa należy wybrać dowolną powierzchnię zamkniętą wokół źródła (np. sferę).

Prawo Gaussa:

$$\phi = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum_{i=1}^n q_i$$

Strumień pola elektrycznego obejmowany przez dowolną powierzchnię zamkniętą jest proporcjonalny do sumy ładunków zawartych wewnątrz powierzchni.

Podczas rozwiązywania zadań korzysta się najczęściej z równości:

$$\frac{1}{\epsilon_0} Q = E \cdot (4\pi r^2) \cos 0^\circ,$$

gdzie Q to ładunek punktowy, E - szukane natężenie, wartość w nawiasie - pole dowolnej sfery otaczającej ładunek, r - promień sfery. Podane równanie służy do obliczenia natężenia pochodzącego od jednego ładunku punktowego.

Oznaczenia

ϕ - strumień pola; E - natężenie pola; ϵ_0 - przenikalność elektryczna próżni; n - ilość ładunków obejmowanych przez daną powierzchnię zamkniętą

17.10 Gęstość powierzchniowa i gęstość liniowa ładunku.

Gęstość powierzchniowa:
$$\vec{\zeta} = \frac{q}{s} \cdot \hat{s} \quad \left[\frac{C}{m} \right]$$

Gęstość liniowa:
$$\vec{\lambda} = \frac{q}{l} \cdot \hat{l} \quad \left[\frac{C}{m} \right]$$

Oznaczenia

\vec{s} - s-wersor (stosunek wektora do jego długości); \hat{l} - l-wersor (stosunek wektora do jego długości); ζ - gęstość powierzchniowa; λ - gęstość liniowa; q - ładunek; s - pole powierzchni; l - długość

17.11 Natężenie pola elektrostatycznego pomiędzy dwoma płytami:

$$E = \frac{\zeta}{\epsilon_0} = \frac{U}{d}$$

Oznaczenia

E - natężenie pola elektrostatycznego; ζ - gęstość powierzchniowa; ϵ_0 - przenikalność elektryczna próżni; U - różnica potencjałów (napięcie); d - odległość pomiędzy płytami;

17.12 Praca w centralnym polu elektrycznym.

Praca wykonana w centralnym polu elektrycznym zależy od położenia początkowego i końcowego, a nie zależy od drogi.

$$W = kQq \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right)$$

Oznaczenia

W - praca; k - stała elektrostatyczna; Q - ładunek źródłowy; q - ładunek; r_0 - odległość początkowa źródła od ładunku; r - odległość końcowa źródła od ładunku

17.13 Energia pola elektrycznego.

Energia potencjalna pola elektrycznego:
$$\epsilon_p = \frac{kQq}{r}$$

Sumowanie energii potencjalnych pola elektrycznego:

$$\sum_{i=1}^n \epsilon_p = \epsilon_{p1} + \epsilon_{p2} + \dots + \epsilon_{pn}$$

Oznaczenia

ϵ_p - energia potencjalna; k - stała elektrostatyczna; Q - pierwszy ładunek; q - drugi ładunek; r - odległość ładunków od siebie;

17.14 Potencjał pola elektrycznego.

Jest to energia potencjalna pola elektrycznego przypadająca na jednostkę ładunku:

$$V = \frac{\epsilon_p}{q} = k \frac{Q}{r} \quad \left[V = \frac{J}{C} \right]$$

Alfabetyczny spis treści

nazwa	podrozdział	rozdział główny	punkt
Atom wodoru według Bohra.		Atom wodoru według Bohra.	18.1
Bezwzględny współczynnik załamania.	Fale świetlne. Częstotliwość fal świetlnych. Bezwzględny współczynnik załamania.	Optyka geometryczna.	26.1.3
Bomba atomowa i wodorowa.		Fizyka atomowa.	28.26
Całkowite wewnętrzne odbicie.		Optyka geometryczna.	26.7
Ciała stałe.		Termodynamika.	29.24
Ciało doskonale czarne		Dualizm korpuskularnofalowy	27.3.
Ciało naelektryzowane.		Elektrostatyka.	17.4
Ciecze.	Ciecze.	Termodynamika.	29.22.1
Ciepło molowe.		Termodynamika.	29.16
Ciepło.		Termodynamika.	29.2
Ciężar właściwy.		Gęstość i ciężar właściwy.	14.2
Ciśnienie w cieczech.	Ciecze	Termodynamika.	29.22.2
Ciśnienie w przemianie adiabaticznej.	Przemiana adiabaticzna.	Termodynamika.	29.15.2
Czas połowicznego zaniku promieniotwórczego.		Fizyka atomowa.	28.14
Czas relaksacji.		Drgania.	24.21
Cząstki elementarne.		Fizyka atomowa.	28.23
Częstotliwość fal świetlnych.	Fale świetlne. Częstotliwość fal świetlnych. Bezwzględny współczynnik załamania.	Optyka geometryczna.	26.1.2
Częstotliwość fal.	Długość i okres fali. Powierzchnia falowa.	Fale.	25.2.3
Częstotliwość fali stojącej na strunie.		Fale.	25.19
Częstotliwość.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.7
Detekcja promieniowania jądowego.		Fizyka atomowa.	28.21
Diamagnetyki.	Właściwości magnetyczne materii.	Pole magnetyczne.	22.1.1.1
Długość fali promieniowania rentgenowskiego.	Promieniowanie Rentgenowskie. Długość fali promieniowania rentgenowskiego.	Dualizm korpuskularnofalowy	27.12.2
Długość fali.	Długość i okres fali. Powierzchnia falowa.	Fale.	25.2.2
Drgania elektromagnetyczne tłumione		Drgania.	24.22.
Drgania elektromagnetyczne.		Drgania.	24.13
Drgania tłumione.		Drgania.	24.17
Drgania wymuszone.		Drgania.	24.24
Druga prędkość kosmiczna		Prędkości kosmiczne.	16.2
Druga zasada dynamiki dla ruchu obrotowego.		Zasady dynamiki Newtona.	4.4
Druga zasada dynamiki.		Zasady dynamiki Newtona.	4.2
Druga zasada termodynamiki.		Termodynamika.	29.20
Drugi postulat Bohra.		Atom wodoru według Bohra.	18.7
Drugie prawo elektrolizy Faradaya.	Prawa elektrolizy Faradaya.	Prąd elektryczny stały.	21.14.2
Drugie prawo Kirchoffa dla obwodu zamkniętego.	Prawa Kirchoffa.	Prąd elektryczny stały.	21.7.2
Drugie prawo Kirchoffa.	Prawa Kirchoffa.	Prąd elektryczny stały.	21.7.2
Drugie prawo Maxwella.	Prawa Maxwella.	Fale.	25.11.2
Elementy obwodów elektrycznych.		Prąd elektryczny stały.	21.4
Energia kinetyczna w ruchu obrotowym.		Energia i zasada zachowania energii.	9.4
Energia kinetyczna.		Energia i zasada zachowania energii.	9.1
Energia kondensatorów.		Kondenstor	19.5
Energia kwarku - wzór Plancka.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.4
Energia pola elektrycznego.		Elektrostatyka	17.13
Energia potencjalna ciężkości.		Energia i zasada zachowania energii.	9.2
Energia potencjalna pola grawitacyjnego.		Pole grawitacyjne.	15.7
Energia w ruchu drgającym prostym.		Drgania.	24.4
Energia wiązania jądra atomowego.		Fizyka atomowa.	28.11
Entropia.		Termodynamika.	29.21
Fala akustyczna.		Fale.	25.6
Fala stojąca.		Fale.	25.18
Fale De Broglie'a.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.14
Fale świetlne.	Fale świetlne. Częstotliwość fal świetlnych. Bezwzględny współczynnik załamania.	Optyka geometryczna.	26.1.1
Ferromagnetyki	Właściwości magnetyczne materii.	Pole magnetyczne.	22.1.1.3
Fotokomórka.		Dualizm korpuskularnofalowy	2.87
Gazy.		Termodynamika.	29.5
Generator białdu zmiennego.	Prąd zmienny, przemienny i generator prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.5.3
Gęstość powierzchniowa i liniowa ładunku.		Elektrostatyka.	17.10
Gęstość.		Gęstość i ciężar właściwy.	14.1
Gramorównoważnik substancji	Prawa elektrolizy Faradaya.	Prąd elektryczny stały.	21.14.3
Indukcja elektromagnetyczna.	Indukcja elektromagnetyczna i prawo Faradaya dla przewodnika	Prąd zmienny.	23.1.1
Indukcja pola magnetycznego.		Pole magnetyczne.	22.3
Indukcje pola magnetycznego wokół przewodników z prądem.	Prawo Ampera.	Pole magnetyczne.	22.7.2
Induktor.		Prąd zmienny.	23.12
Interferencja fal świetlnych - doświadczenie Younga.	Interferencja fal świetlnych - doświadczenie Younga. Warunek wzmocnienia dla światła.	Optyka geometryczna.	26.13.1
Interferencja fal.	Interferencja fal i ogólny warunek wzmocnienia i wygaszenia fali.	Fale.	25.17.1
Izotopy promieniotwórcze.		Fizyka atomowa.	28.16
Jasność absolutna.		Fizyka atomowa.	28.7
Jądro atomu.		Fizyka atomowa.	28.10
Jonizowanie gazu.		Fizyka atomowa.	28.20
Kąt zakreślony.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.6
Kierunek przepływu prądu.		Prąd elektryczny stały.	21.3
Klasyfikacja fal.		Fale.	25.4
Klasyfikacja Morgana - Keena.		Fizyka atomowa.	28.8
Klasyfikacja widmowa gwiazd - klasyfikacja Hertzsprunga i Russela.		Fizyka atomowa.	28.6
Kondensator.		Kondenstor.	19.2
Liczby kwantowe.		Fizyka atomowa.	28.1

Linie pola elektrostatycznego.	Linie pola elektrostatycznego	Elektrostatyka.	47.7.1
Linie pola grawitacyjnego.		Pole grawitacyjne.	15.9
Linie pola magnetycznego.	Linie pola magnetycznego.	Pole magnetyczne.	22.4.1
Logarymiczny dekrement tłumienia.		Drgania.	24.2.0
Ładunek wpada \perp do linii pola.	Ruch ładunków w polu magnetycznym.	Pole magnetyczne.	22.9.2
Ładunek wpada pod kątem α do linii pola.	Ruch ładunków w polu magnetycznym.	Pole magnetyczne.	22.9.3
Ładunek wpada równoległe do linii pola.	Ruch ładunków w polu magnetycznym.	Pole magnetyczne.	22.9.1
Łączenie oporów elektrycznych.	Opór elektryczny.	Prąd elektryczny stały.	21.5.2
Łączenie równoległe kondensatorów	Łączenie kondensatorów.	Kondenstor	19.4.2.
Łączenie szeregowo kondensatorów.	Łączenie kondensatorów.	Kondenstor.	19.4.1
Moc prądu elektrycznego stałego.		Prąd elektryczny stały.	21.1.0
Moc.		Praca i moc.	10.2
Modulacja fal.		Fale.	25.13
Moment bezwładności.		Moment bezwładności i twierdzenie Steinera.	12.1
Moment magnetyczny atomu i elektronu.		Atom wodoru według Bohra.	18.8
Moment pędu bryły sztywnej.		Pęd, moment pędu, zasada zachowania pędu i zasada zachowania momentu pędu.	8.5
Moment pędu.		Pęd, moment pędu, zasada zachowania pędu i zasada zachowania momentu pędu.	8.3
Moment siły i moment magnetyczny ramki z prądem.		Pole magnetyczne.	22.1.0
Moment siły.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.8
Momenty bezwładności niektórych brył.		Moment bezwładności i twierdzenie Steinera .	12.2
Mostek elektryczny.		Prąd elektryczny stały.	21.8
Następny postulat Bohra.		Atom wodoru według Bohra.	18.6
Natężenie fali.		Fale.	25.5
Natężenie pola elektrostatycznego na zewnątrz kuli.	Natężenie pola elektrostatycznego kuli.	Elektrostatyka	17.19.2
Natężenie pola elektrostatycznego pomiędzy dwoma płytami.		Elektrostatyka	17.11
Natężenie pola elektrostatycznego wewnątrz kuli.	Natężenie pola elektrostatycznego kuli.	Elektrostatyka	17.19.1
Natężenie pola elektrostatycznego.		Elektrostatyka.	17.6
Natężenie pola grawitacyjnego		Pole grawitacyjne.	15.5
Natężenie prądu elektrycznego stałego.		Prąd elektryczny stały.	21.2
Nośniki prądu elektrycznego.		Prąd elektryczny stały.	21.2
Obwód RC.	Obwody prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.8.2
Obwód RL.	Obwody prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.8.1
Obwód RLC.	Obwody prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.8.3
Odbicie fal.		Fale.	25.15
Oddziaływania w przyrodzie.		Fizyka atomowa.	28.24
Ogólny warunek wygaszenia fali.	Interferencja fal i ogólny warunek wzmocnienia i wygaszenia fali.	Fale.	25.18.2
Ogólny warunek wzmocnienia fali.	Interferencja fal i ogólny warunek wzmocnienia i wygaszenia fali.	Fale.	25.17.2
Okno jako układ optyczny.		Optyka geometryczna.	26.12
Okres drgań elektromagnetycznych		Drgania.	24.14.
Okres drgań sprężyny ułożonej poziomo		Drgania.	24.16.
Okres drgań sprężyny.		Drgania.	24.5
Okres fali.	Długość i okres fali. Powierzchnia falowa.	Fale.	25.2.1
Okres wahadła fizycznego.		Drgania.	24.10
Okres wahadła matematycznego.		Drgania.	24.8
Opór elektryczny.	Opór elektryczny.	Prąd elektryczny stały.	21.5.1
Paramagnetyki.	Właściwości magnetyczne materii.	Pole magnetyczne.	22.11.2
Pęd fotonów.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.10
Pęd.		Pęd, moment pędu, zasada zachowania pędu i zasada zachowania momentu pędu.	8.1
Pierwsza prędkość kosmiczna.		Prędkości kosmiczne.	16.1
Pierwsza zasada dynamiki.		Zasady dynamiki Newtona.	4.1
Pierwsza zasada termodynamiki.		Termodynamika.	29.4
Pierwsze prawo elektrolizy Faradaya.	Prawa elektrolizy Faradaya.	Prąd elektryczny stały.	21.14.1
Pierwsze prawo Kirchhoffa.	Prawa Kirchhoffa.	Prąd elektryczny stały.	21.7.1
Pierwsze prawo Maxwella.	Prawa Maxwella.	Fale.	25.11.1
Pierwszy postulat Bohra.		Atom wodoru według Bohra.	18.2
Podstawowy wzór teorii kinetyczno - molekularnej.		Termodynamika.	29.7
Pojemność elektryczna.		Kondenstor.	19.1
Pojemność kondensatora kulistego.	Pojemność kondensatora.	Kondenstor.	19.3.2
Pojemność kondensatora płaskiego.	Pojemność kondensatora.	Kondenstor.	19.3.1
Polaryzacja elektryczna.		Polaryzacja elektryczna.	20.1
Polaryzacja fal i prawo Mallusa.		Fale.	25.21
Pole grawitacyjne.		Pole grawitacyjne.	15.1
Pole magnetyczne.		Pole magnetyczne.	22.1
Potencjał pola elektrycznego.		Elektrostatyka	17.14
Potencjał pola grawitacyjnego.		Pole grawitacyjne.	15.8
Powierzchnia falowa.	Długość i okres fali. Powierzchnia falowa.	Fale.	25.2.4
Powiększenie lupy.		Optyka geometryczna.	26.14
Powiększenie.		Optyka geometryczna.	26.4
Poziomy słyszalności.		Fale.	25.7
Praca i moc prądu elektrycznego zmiennego.		Prąd zmienny.	23.7
Praca prądu elektrycznego stałego.		Prąd elektryczny stały.	21.9
Praca w centralnym polu elektrycznym		Elektrostatyka	17.12.
Praca w polu elektrycznym jednorodnym.		Elektrostatyka	17.16
Praca w polu grawitacyjnym.		Pole grawitacyjne.	15.6
Praca w przemianie izobarycznej.	Przemiana izobaryczna.	Termodynamika.	29.14.4
Praca w przemianie izochorycznej.	Przemiana izochoryczna.	Termodynamika.	29.13.4
Praca w przemianie izotermicznej.	Przemiana izotermiczna.	Termodynamika.	29.12.4
Praca.		Praca i moc.	10.1
Prądy Gay - Lussaca.	Przemiana izobaryczna.	Termodynamika.	29.14.2
Prawo Ampera	Prawo Ampera.	Pole magnetyczne.	22.7.1.
Prawo Archimedes'a.	Ciecze	Termodynamika.	29.22.3
Prawo Boyle'a - Mariotta.	Przemiana izotermiczna.	Termodynamika.	29.12.2

Prawo Charlesa.	Przemiana izochoryczna.	Termodynamika.	29.13.2
Prawo Coulomba.		Elektrostatyka.	17.3
Prawo Faradaya dla przewodnika.	Indukcja elektromagnetyczna i prawo Faradaya dla przewodnika	Prąd zmienny.	23.1.2
Prawo Gaussa dla pola magnetycznego.		Pole magnetyczne.	22.6
Prawo Gaussa.		Elektrostatyka.	17.9
Prawo Joula-Lenza.		Prąd elektryczny stały.	21.1.1
Prawo Kirchoffa.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.2
Prawo oddziaływania przewodników z prądem		Pole magnetyczne.	22.8.
Prawo Ohma dla obwodu zamkniętego	Prawo Ohma.	Prąd elektryczny stały.	21.6.2
Prawo Ohma.	Prawo Ohma.	Prąd elektryczny stały.	21.6.1
Prawo powszechnej grawitacji (prawo jedności przyrody)		Pole grawitacyjne.	15.2
Prawo rozprężliwości gazu.	Przemiana izochoryczna.	Termodynamika.	29.13.3
Prawo rozprężliwości objętościowej gazu.	Przemiana izobaryczna.	Termodynamika.	29.14.3
Prawo Snelliusa.		Optyka geometryczna.	26.6
Prawo Stefana-Boltzmana.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.5
Prawo Wiena.		Dualizm korpuskularnofalowy	27.6
Prawo zaniku promieniotwórczości.		Fizyka atomowa.	28.13
Prąd bezwzględny.		Prąd zmienny.	23.10
Prąd elektryczny.		Prąd elektryczny stały.	21.1
Prąd przemienny.	Prąd zmienny, przemienny i generator prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.5.2
Prąd zmienny.	Prąd zmienny, przemienny i generator prądu zmiennego.	Prąd zmienny.	23.5.1
Prądy Foucaulta.		Prąd zmienny.	23.4
Prędkość		Ruch stały prostoliniowy.	1.1
Prędkość kątowna końcowa.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.5
Prędkość kątowna wahadła w drganiach tłumionych.		Drgania.	24.19
Prędkość kątowna.	Ruch z prędkością stałą.	Ruch po okręgu	3.1.1
Prędkość końcowa		Ruch zmienny.	2.3
Prędkość liniowa chwilowa.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.3
Prędkość rozchodzenia się fali.		Fale.	25.3
Prędkość w drganiach wymuszonych.	Prędkość i przyspieszenie w drganiach wymuszonych	Drgania.	24.25.1
Prędkość w ruchu drgającym prostym.	Prędkość i przyspieszenie w ruchu drgającym prostym.	Drgania.	24.2.1
Prędkość w rzucie poziomym.		Rzut poziomy.	7.2
Promieniowanie naturalne.		Fizyka atomowa.	28.12
Promieniowanie rentgenowskie.	Promieniowanie Rentgenowskie. Długość fali promieniowania rentgenowskiego.	Dualizm korpuskularnofalowy	27.12.1
Propagacja fal elektromagnetycznych.		Fale.	25.10
Przejście światła białego przez pryzmat.	Pryzmat. Przeście światła monochromatycznego i białego przez pryzmat	Optyka geometryczna.	26.11.2
Przejście światła monochromatycznego przez pryzmat	Pryzmat. Przeście światła monochromatycznego i białego przez pryzmat	Optyka geometryczna.	26.11.1.
Przemiana adiabaticzna.	Przemiana adiabaticzna.	Termodynamika.	29.15.1
Przemiana izobaryczna.	Przemiana izobaryczna.	Termodynamika.	29.14.1
Przemiana izochoryczna.	Przemiana izochoryczna.	Termodynamika.	29.13.1
Przemiana izotermiczna.	Przemiana izotermiczna.	Termodynamika.	29.12.1
Przemiany fazowe.		Termodynamika.	29.25
Przemieszczenie		Ruch zmienny.	2.2
Przemieszczenie i wektor propagacji.		Fale.	25.1
Przemieszczenie.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.4
Przenikalność elektryczna próżni.	Stała elektrostatyczna i przenikalność elektryczna próżni	Elektrostatyka.	17.5.2
Przyspieszenie		Ruch zmienny.	2.1
Przyspieszenie grawitacyjne.		Pole grawitacyjne.	15.4
Przyspieszenie kątowne.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.1
Przyspieszenie liniowe.	Ruch z prędkością zmienną.	Ruch po okręgu	3.2.2
Przyspieszenie w drganiach wymuszonych.	Prędkość i przyspieszenie w drganiach wymuszonych	Drgania.	24.25.2
Przyspieszenie w ruchu drgającym prostym	Prędkość i przyspieszenie w ruchu drgającym prostym.	Drgania.	24.2.2.
Radar.		Fale.	25.22
Reakcja rozszczepienia.		Fizyka atomowa.	28.19
Reakcje jądrowe - samoistne rozpady promieniotwórcze.	Reakcje jądrowe - samoistne rozpady promieniotwórcze. Własności promieniowania	Fizyka atomowa.	28.15.1
Reakcje jądrowe. Wymuszone reakcje rozpadu.		Fizyka atomowa.	28.17
Reaktor jądrowy.		Fizyka atomowa.	28.22
Reguła Fleminga.	Sily magnetyczne.	Pole magnetyczne.	22.2.2
Reguła Hunda.		Fizyka atomowa.	28.4
Reguła Kleczkowskiego.		Fizyka atomowa.	28.3
Reguła Lenza.		Prąd zmienny.	23.2
Rezonans.		Drgania.	24.27
Rozszerzalność termiczna ciał stałych i cieczy.		Termodynamika.	29.23
Równanie Clapeyrona.		Termodynamika.	29.10
Równanie ruchu drgającego elektromagnetycznego tłumionego.		Drgania.	24.23
Równanie ruchu drgającego prostego (równanie oscylatora harmonicznego).		Drgania.	24.6
Równanie ruchu drgającego tłumionego.		Drgania.	24.18
Równanie ruchu drgającego wymuszonego		Drgania.	24.26.
Równanie Schrodinger'a		Dualizm korpuskularnofalowy	27.16
Równanie soczewki.		Optyka geometryczna.	26.9
Równanie stanu gazu doskonałego.		Termodynamika.	29.11
Równanie wahadła fizycznego.		Drgania.	24.11
Równanie zwierciadła.		Optyka geometryczna.	26.5
Różnica potencjałów (napiecie).		Elektrostatyka	17.15
Ruch drgający prosty.		Drgania.	24.1
Ruch ładunku w polu elektrycznym - ładunek porusza	Ruch ładunków w polu elektrycznym.	Elektrostatyka	17.17.1

się równoległe do linii pola.			
Ruch ładunku w polu elektrycznym -ładunek wpada pod kątem prostym do linii pola.	Ruch ładunków w polu elektrycznym.	Elektrostatyka	17.17.2
Rura Kundta.		Fale.	25.20
Rzut poziomy.		Rzut poziomy.	7.1
Serie widmowe.	Widmo.	Fizyka atomowa.	28.5.2
Silnik Carnota.		Termodynamika.	29.19
Siła bezwładności.		Siła bezwładności.	6.1
Siła elektrodynamiczna.	Sily magnetyczne.	Pole magnetyczne.	22.2.1