



Zacznij  
przygotowania  
do matury już dziś

Zobacz fragment  
publikacji

strony 13, 14

1

Ruch	Prędkość	Przyspieszenie	Droga
Ruch jednostajnie opóźniony	Zależność wartości prędkości od czasu $v = v_0 - at$ $v_0$ – początkowa wartość prędkości $v$ – wartość prędkości po czasie $t$	Kierunek, zwrot i wartość wektora przyspieszenia są stałe $a = \text{const}$	Droga przebyta w czasie $t$ przez ciało poruszające się ruchem jednostajnie opóźnionym jest kwadratową funkcją czasu, a jej wykres jest częścią paraboli.
	Szybkość $v(t)$ jest liniową funkcją czasu. Wykresem zależności $v(t)$ jest linia prosta nachylona do osi czasu pod kątem $\alpha$ , takim, że $\tan \alpha = a$ .	Zwrot wektora przyspieszenia jest przeciwny do zwrotu wektora prędkości.	W chwili $t_i$ pojazd się zatrzymał. $s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

PRZYKŁAD

Przykładem ruchu jednostajnie przyspieszonego jest ruch spadającego ciała w pobliżu Ziemi. Rozpatrzmy przypadek, gdy piłka spada swobodnie z balkonu znajdującego się na wysokości 6 m.

Ruch piłki swobodnie spadającej jest na drodze  $s = H$  jednostajnie przyspieszony.

$a = g$

W pobliżu Ziemi przyspieszenie piłki spadającej swobodnie (przyspieszenie grawitacyjne) zależy od szerokości geograficznej. W obliczeniach przyjmujemy wartość przyspieszenia ziemskiego  $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ , które nazywamy przyspieszeniem ziemskim. Przy powierzchni innej planety przyspieszenie grawitacyjne jest inne.

Jaki jest czas swobodnego spadania piłki z wysokości  $H$ ?

$v_0 = 0$

$H = \frac{gt^2}{2}$

$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1,1 s$

Jaką szybkość piłka uzyska tuż przed zderzeniem z podłożem?

$v = at$

$a = g$

$v = gt = g \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2H \cdot g} = 10,84 \frac{m}{s}$

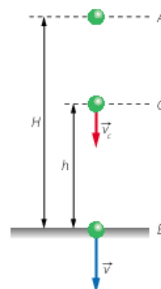
Jaką szybkość ma piłka w punkcie C?

$s = H - h$

$H - h = \frac{gt_c^2}{2} \rightarrow t_c = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$

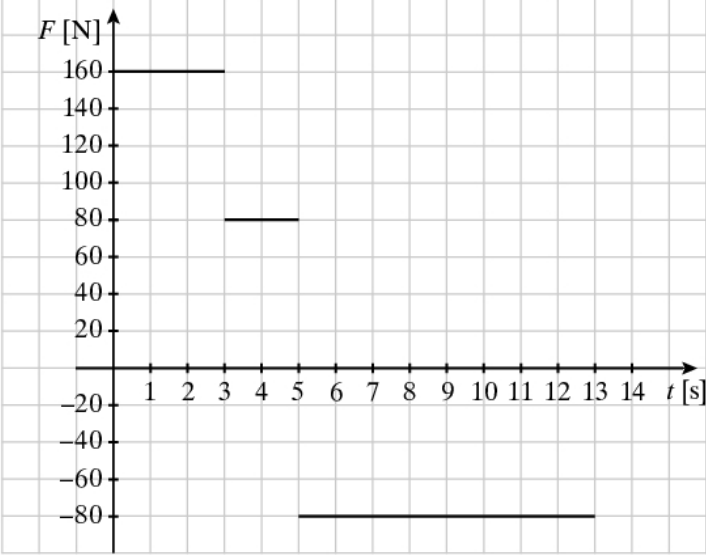
$v_c = g \cdot t_c$

$v_c = \sqrt{2g(H-h)} = 7,7 \frac{m}{s}$



1.4.	1. F, 2. F, 3. P, 4. F 2 pkt – Rozwiązanie poprawne – poprawne wszystkie odpowiedzi	0–2
------	---	-----

*Fizyka. Poziom rozszerzony*  
*Próbna Matura z OPERONEM i Wirtualną Polską*

Numer zadania	Poprawna odpowiedź i zasady przyznawania punktów	Liczba punktów
	1 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie – dwie poprawne odpowiedzi 0 pkt – rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu – brak spełnienia powyższych kryteriów	
1.5.	<div style="text-align: center;">  </div> <p>3 pkt – Rozwiązanie poprawne            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi oraz            – poprawne narysowanie linii wykresu            2 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi oraz            – poprawne narysowanie dwóch odcinków linii wykresu            lub            – spełnienie wszystkich wymagań na 3 pkt bez podania poprawnych jednostek na osiach            1 pkt – Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi            lub            – spełnienie wszystkich wymagań na 2 pkt bez podania poprawnych jednostek na osiach            0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu            – brak spełnienia powyższych kryteriów</p>	0–3
1.6.	Zastosowanie wzoru na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym (bez prędkości początkowej): $s = \frac{1}{2}at^2$ Obliczenie drogi po trzech sekundach ruchu: $s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{2 \cdot 3^2}{2} = 9 \text{ m}$ Zastosowanie wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyspieszonym (bez prędkości początkowej): $v = at$	0–3

1

1.12.2. PRAWA DYNAMIKI BRYŁY SZTYWNEJ

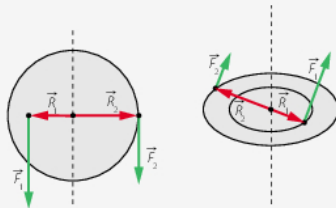
**PIERWSZA ZASADA DYNAMIKI**

Jeżeli suma momentów sił działających na bryłę sztywną, czyli wypadkowy moment siły względem wybranej osi obrotu, jest równa zero, to bryła pozostaje w spoczynku lub jest w ruchu obrotowym ze stałą prędkością kątową wokół tej osi.

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n$$

$$\vec{M} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0, \vec{\omega} = 0 \text{ lub } \vec{\omega} = \text{const}$$

$$F_1 R_1 - F_2 R_2 = 0$$



**DRUGA ZASADA DYNAMIKI**

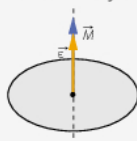
Jeżeli wypadkowy moment sił działających na bryłę jest różny od zera, to bryła jest w ruchu obrotowym z przyspieszeniem kątowym wprost proporcjonalnym do wypadkowego momentu siły, i odwrotnie proporcjonalnym do momentu bezwładności bryły:

$$\vec{\epsilon} = \frac{1}{I} \cdot \vec{M}$$

Druga zasada dynamiki w postaci uogólnionej:

$$\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$$

Wypadkowy moment sił działający na bryłę sztywną jest równy szybkości zmian momentu pędu tej bryły. Zmiana momentu pędu bryły sztywnej może nastąpić w wyniku działania sił, których całkowity moment względem osi obrotu jest różny od zera.



**ZASADA ZACHOWANIA MOMENTU PĘDU (KRĘTU)**

Jeżeli wypadkowy moment sił jest równy zero, to moment pędu bryły nie ulega zmianie.

Jeżeli  $\vec{M} = 0$ , to  $\Delta \vec{L} = 0$ , to znaczy  $\vec{L} = \text{const}$ .

Jeżeli jest możliwa zmiana momentu bezwładności układu pod działaniem sił wewnętrznych, to zmianom  $I$  towarzyszą zmiany  $\omega$ , a iloczyn  $I\omega$  jest stały.

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

PRZYKŁAD 1

Jeżeli baletnica wykonująca piruet zmieni swój moment bezwładności, to również zmieni się jej szybkość kątowna. Podobnie sportowiec w czasie wykonywania salta zmienia swoją szybkość kątowną, gdy zmieni się ułożenie ciała wokół osi obrotu.



PRZYKŁAD 2

W konstrukcji helikoptera wykorzystano zasadę zachowania momentu pędu. Po wprawieniu w ruch głównego śmigła kadłub helikoptera uzyskuje moment pędu, lecz o przeciwnym zwrocie, co wprawiłoby cały helikopter w ruch obrotowy. Aby temu zapobiec, na ogonie helikoptera umieszcza się małe śmigło, które kompensuje ruch obrotowy korpusu helikoptera.



na stronie 36

- wyprowadzenie wzoru na moment siły, oraz
- obliczenie wartości momentu siły z odpowiednią jednostką

na  
ów

Zobacz fragment publikacji

strona 35

Zobacz fragment publikacji

strona 36

1

1.11.4. SPRAWNOŚĆ URZĄDZENIA

Różne postacie energii można zamienić na pracę. Do zamiany energii na pracę służą różne urządzenia. Podczas tych przekształceń występują straty energii. Zatem energia otrzymana jest zawsze mniejsza od włożonej. Straty występują bez względu na to, jakie rodzaje energii są zamieniane na pracę. O tym, jak duża część włożonej energii jest rozproszona do otoczenia, mówi wielkość zwana sprawnością urządzenia:

$$\eta = \frac{W}{E}$$

$W$  – praca wykonana  
 $E$  – całkowita energia dostarczona do urządzenia

Sprawność urządzenia wykonującego pracę wyraża stosunek energii zamienionej na pracę do całkowitej energii dostarczonej do urządzenia.

Dzieląc licznik i mianownik przez czas, otrzymujemy:

$$\eta = \frac{\frac{W}{t}}{\frac{E}{t}} = \frac{P_u}{P_p}$$

$P_u$  – moc użyteczna (wykorzystana)  
 $P_p$  – moc pobrana  
Sprawność jest wielkością bezwymiarową, najczęściej podaje się ją w procentach.

1.11.5. ZASADA ZACHOWANIA ENERGII

Jeżeli podnosimy ciało ruchem jednostajnie przyspieszonym, to rośnie jego energia potencjalna i energia kinetyczna. Praca wykonana przez siłę wypadkową siły zewnętrznej i ciężkości powoduje zmianę całkowitej energii mechanicznej.

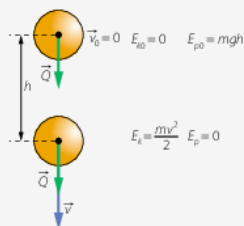
$$W = \Delta E_k + \Delta E_p, W = F_w \cdot s$$

Jeśli wyrzucona pionowo w górę piłka wznosi się i następnie spada swobodnie, to jedyną znaczącą siłą działającą w czasie ruchu jest siła grawitacji. W układzie piłka–Ziemia siła grawitacji jest siłą wewnętrzną i tylko ona wykonuje pracę.

$$F_{zew} = 0$$

$$(E_k - E_{k0}) + (E_p - E_{p0}) = 0$$

$$E_k + E_p = E_{k0} + E_{p0}$$

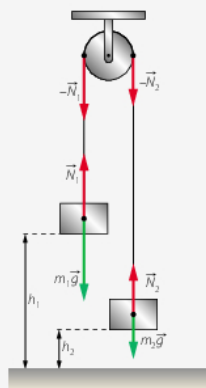


W przypadku spadającej swobodnie piłki energia kinetyczna w momencie zetknięcia się z Ziemią jest równa energii potencjalnej, jaką piłka miała na wysokości  $h$ . Możemy zatem zapisać:  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ .

Energia potencjalna spadającej piłki przekształca się w czasie ruchu w energię kinetyczną, ale suma obu energii na dowolnym poziomie pozostaje stała. Siła wewnętrzna nie zmienia energii całkowitej mechanicznej.

Jeżeli siły zewnętrzne nie wykonują pracy, energia mechaniczna układu się nie zmienia, zatem suma energii kinetycznej i potencjalnej w stanie początkowym jest równa sumie energii potencjalnej i kinetycznej w stanie końcowym.

Zasada zachowania energii dotyczy również dwóch lub więcej oddziałujących ze sobą ciał.



Na przykład energia układu obciążniki–krążek jest stała, chociaż energia każdej części układu z osobna się zmienia.

Energia całkowita układu w chwili początkowej:

$$E_0 = m_1gh_1 + m_2gh_2$$

Przy założeniu, że nic się nie ślizga, należy uwzględnić energię kinetyczną obracającego się krążka. Zatem po przesunięciu się w dół cięższego obciążnika o  $\Delta s$  energia całkowita układu wynosi:

$$E = m_1g(h_1 - \Delta s) + m_2g(h_2 + \Delta s) + \frac{m_1v^2}{2} + \frac{m_2v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

gdzie:  
 $I$  – moment bezwładności krążka  
 $\omega$  – szybkość kątowa obracającego się krążka  
Całkowita energia końcowa układu ciał jest równa całkowitej energii początkowej tego układu:

$$E = E_0$$

na  
ów

Zobacz fragment publikacji

Wyznaczenie wysokości uzyskanej dzięki energii kinetycznej:

$$h_1 = \frac{v^2}{2g}$$

*Fizyka. Poziom rozszerzony*  
*Próbna Matura z OPERONEM i Wirtualną Polską*

Numer zadania	Poprawna odpowiedź i zasady przyznawania punktów	Liczba punktów
	<p>Obliczenie wysokości i zaokrąglenie jej w dół:</p> $h = \frac{v^2}{2g} + 91 \text{ cm} + 20 \text{ cm} = \frac{\left(7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 111 \text{ cm} =$ $= 249,7 \text{ cm} + 111 \text{ cm} \approx 3,6 \text{ m}$ <p>3 pkt – Rozwiązanie poprawne  – zapisanie trzech składników uzyskanej wysokości oraz  – zapisanie równania na zasadę zachowania energii, oraz  – wyprowadzenie wzoru na wysokość, oraz  – obliczenie wysokości wraz z odpowiednią jednostką, oraz  – zaokrąglenie wyniku</p> <p>2 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie  – zapisanie trzech składników uzyskanej wysokości oraz  – zapisanie równania na zasadę zachowania energii, oraz  – wyprowadzenie wzoru na wysokość, oraz  – obliczenie wysokości bez odpowiedniej jednostki  lub  – poprawne rozwiązanie bez uwzględnienia składników związanych z początkowym położeniem środka ciężkości i pracy rąk</p> <p>1 pkt – Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp  – zapisanie równania na zasadę zachowania energii oraz  – wyprowadzenie wzoru na wysokość</p> <p>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu  – brak spełnienia powyższych kryteriów</p>	
3.2.	<p>3, B</p> <p>1 pkt – Rozwiązanie poprawne  – poprawne wszystkie odpowiedzi</p> <p>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu  – brak spełnienia powyższego kryterium</p>	0–1
4.1.	<p>B</p> <p>1 pkt – Rozwiązanie poprawne  – poprawna odpowiedź</p> <p>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu  – brak spełnienia powyższego kryterium</p>	0–1
4.2.	<p>1. F, 2. P, 3. F, 4. P</p> <p>2 pkt – Rozwiązanie poprawne  – poprawne wszystkie odpowiedzi</p> <p>1 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie  – poprawne zaznaczenie 1. F i 2. P  lub  – poprawne zaznaczenie 3. F i 4. P</p> <p>0 pkt – rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu  – brak spełnienia powyższych kryteriów</p>	0–2

**PRAWO ROZPADU PROMIENIOTWÓRCZEGO**

Dla danego pojedynczego jądra nie da się przewidzieć, kiedy jego przemiana nastąpi. Dla zbioru bardzo wielu jąder  $N_0$  można określić, jaka ich część  $\Delta N$  rozpadnie się w przedziale czasu.

Szybkość rozpadu  $\frac{\Delta N}{\Delta t}$ , czyli liczba rozpadów  $\Delta N$  w jednostce czasu, zależy od liczby atomów  $N_0$  w próbce w chwili początkowej i indywidualnych właściwości jądra atomu. Istnieje określone prawdopodobieństwo  $\lambda$  właściwe dla danego jądra, że rozpadnie się ono w jednostce czasu.

$\lambda$  mówi, jaka część jąder danego izotopu promieniotwórczego ulega rozpadowi w jednostce czasu.

Liczba jąder  $N$ , które po czasie  $t$  jeszcze nie uległy rozpadowi, maleje w czasie wykładniczo.

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ lub } N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}}; N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$e = 2,72$  – podstawa logarytmu naturalnego

$N_0$  – liczba jąder w chwili początkowej

„-” oznacza, że wskutek rozpadu liczba jąder maleje  
 $T_{1/2}$  – czas, po którego upływie pozostaje w próbce  $\frac{1}{2}$  początkowej liczby jąder, nazywamy **czasem połowicznego rozpadu (zaniku)**

Okres połowicznego rozpadu promieniotwórczych jąder atomowych jest rzędu od  $10^{10}$  lat do  $10^{-11}$  s.

Odwrotność stałej rozpadu nazywamy średnim czasem życia.

**Średni czas życia** jest okresem, w którego ciągu liczba jąder pierwiastka promieniotwórczego zmaleje do wartości  $\frac{N_0}{e} = \frac{N_0}{2,72}$ .

**Szybkość rozpadu**

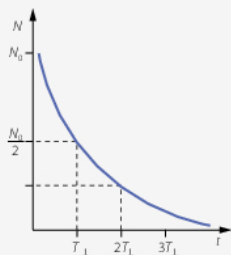
$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N_0$$

gdzie  $\lambda$  – stała rozpadu charakterystyczna dla danego izotopu

$$\lambda = \frac{\Delta N}{N_0 \Delta t}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ lub } N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$



$T_{1/2}$  – czas połowicznego rozpadu

$\tau$  – średni czas życia,  $\tau = \frac{1}{\lambda}$

**AKTYWNOŚĆ**

Różne izotopy tego samego pierwiastka mają różne okresy połowicznego rozpadu, zatem mają różną aktywność.

Liczbę  $A$  rozpadających się jąder danej substancji w jednostce czasu nazywa się jej **aktywnością**.

Aktywność próbki zależy od jej masy, czyli od ilości jąder promieniotwórczych; z czasem maleje wykładniczo.

Źródło promieniowania ma aktywność 1 Bq, jeżeli w czasie jednej sekundy nastąpił rozpad jednego jądra.

**Aktywność** – szybkość rozpadu:

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Aktywność próbki początkowa:

$$A_0 = \lambda N_0$$

Aktywność po czasie  $t$ :

$$A = \lambda N$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

**Jednostką** aktywności jest bekerel (1 Bq).

1Bq = 1s<sup>-1</sup> (1 rozpad na sekundę)

**WYKORZYSTANIE PRAWA ROZPADU PROMIENIOTWÓRCZEGO**

Zjawisko radioaktywności może spełniać funkcję zegara. Korzystając z prawa rozpadu promieniotwórczego,  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ , możemy obliczyć przedział czasu między chwilami, w których liczba radioaktywnych jąder wynosiła  $N_0$  i  $N$ :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N} = 1,44T \ln \frac{N_0}{N}$$

Jeżeli obliczamy wiek próbki na podstawie stosunku np. liczby jąder ołowiu  $N_{pb}$  i uranu  $N_U$  w chwili  $t$  od początku liczenia czasu, to w chwili  $t = 0$  wszystkie jądra ołowiu były jądrami uranu. Zatem:

$$N_0 = N_{pb} + N_U \text{ i } t = 1,44T \ln \frac{N_U + N_{pb}}{N_U}$$

na stronie 178

- poprawne podanie obu własności
- 0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu
- brak spełnienia powyższego kryterium

Zobacz fragment publikacji

strona 178

## IX. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego

### TEST WSTĘPNY

1. W temperaturze większej od zera bezwzględnego każde ciało emituje
- A. promieniowanie podczerwone. C. promieniowanie ultrafioletowe. 1 pkt
- B. promieniowanie ciepłe. D. promieniowanie jądrowe.

2. Podziel wymienione zjawiska na te, które świadczą o falowej naturze światła, i na te, które świadczą o korpuskularnej naturze światła. 3 pkt
- zjawisko Comptona, dyfrakcja światła, interferencja światła, zjawisko fotoelektryczne, widma emisyjne pierwiastków, polaryzacja światła

Zjawiska świadczące o korpuskularnej naturze światła	Zjawiska świadczące o falowej naturze światła

3. Oblicz długość fali światła emitowanego przez atom wodoru przy przejściu elektronu z orbity czwartej na drugą. Do obliczeń wykorzystaj informację, że energia elektronu, gdy atom wodoru znajduje się w stanie podstawowym, wynosi  $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ . 3 pkt

4. Wybierz elementy A lub B oraz 1, 2 lub 3 tak, aby poniższe zdanie było prawdziwe. Otocz kółkiem wybrane elementy. 2 pkt

W lampie rentgenowskiej promieniowanie X emitowane jest	A. w katodzie	podczas	1. rozpędzania elektronów w polu elektrycznym.
	B. w anody katodzie		2. zjawiska termoelektrycznego.
			3. hamowania rozpędzonych elektronów.

5. Jaka jest długość fali fotonu pochłoniętego przez elektron w atomie wodoru przy przejściu z 3 orbity na 5 orbitę? 2 pkt

### PODLICZ

11 pkt  %

### TEST ĆWICZENIOWY

1. Ustaw wymienione fale elektromagnetyczne w kolejności od najmniejszej do największej energii fotonu. 5 pkt
- ultrafiolet, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma, światło widzialne niebieskie, światło widzialne zielone, podczerwień, światło widzialne czerwone, mikrofała

na stronie 61

Zobacz fragment publikacji

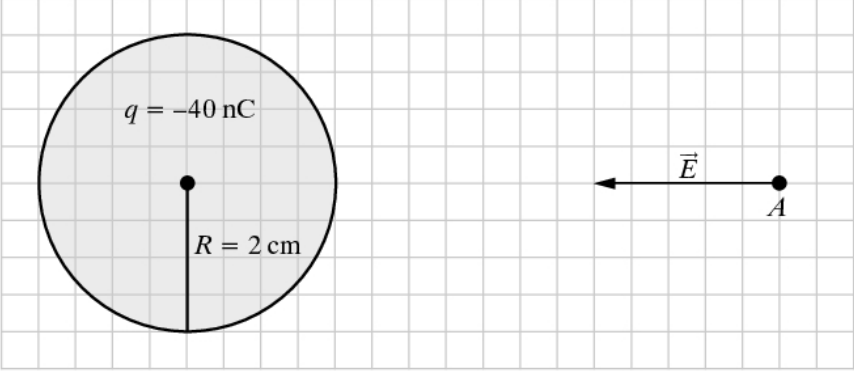
strona 61

Wzór na długość fali można też wyprowadzić, korzystając ze wzoru de Broglie'a oraz relatywistycznego wzoru na energię fotonu.

- 5 pkt – Rozwiązanie poprawne
- zapisanie postulatu Bohra oraz
  - obliczenie energii fotonu w dżulach oraz
  - wyprowadzenie wzoru na długość fali oraz



*Fizyka. Poziom rozszerzony*  
*Próbną Maturę z OPERONEM i Wirtualną Polską*

Numer zadania	Poprawna odpowiedź i zasady przyznawania punktów	Liczba punktów
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– obliczenie długości fali w nanometrach oraz</li> <li>– zapisanie poprawnego wniosku</li> <li>4 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które zostało rozwiązane do końca, ale w którym występują usterki nieprzekreślające poprawności rozwiązania</li> <li>– obliczenie energii fotonu w dżulach oraz</li> <li>– wyprowadzenie wzoru na długość fali, oraz</li> <li>– obliczenie długości fali w innej jednostce niż nm, oraz</li> <li>– zapisanie poprawnego wniosku</li> <li>3 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie</li> <li>– obliczenie energii fotonu w dżulach oraz</li> <li>– wyprowadzenie wzoru na długość fali</li> <li>2 pkt – Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp</li> <li>– obliczenie energii fotonu w dżulach</li> <li>1 pkt – Rozwiązanie, w którym postęp jest niewielki, ale konieczny na drodze do całkowitego rozwiązania zadania</li> <li>– obliczenie energii fotonu w innej jednostce niż dżule lub</li> <li>– wyprowadzenie wzoru na długość fali</li> <li>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu</li> <li>– brak spełnienia powyższych kryteriów</li> </ul>	
7.	<p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 pkt – Rozwiązanie poprawne</li> <li>– poprawna odpowiedź</li> <li>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu</li> <li>– brak spełnienia powyższego kryterium</li> </ul>	0–1
8.	<p>krzemu, żelaza</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 pkt – Rozwiązanie poprawne</li> <li>– poprawne wszystkie odpowiedzi</li> <li>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu</li> <li>– brak spełnienia powyższego kryterium</li> </ul>	0–1
9.1.	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Długość wektora jest dowolna.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 pkt – Rozwiązanie poprawne</li> <li>– poprawne narysowanie wektora</li> <li>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu</li> <li>– brak spełnienia powyższego kryterium</li> </ul>	0–1



## 4.2. POLE ELEKTROSTATYCZNE. NATĘŻENIE POLA ELEKTROSTATYCZNEGO

### POLE ELEKTROSTATYCZNE

Oddziaływanie wzajemne ciał naelektryzowanych należy do oddziaływań za pośrednictwem pola. Naelektryzowane ciało jest źródłem pola elektrostatycznego. **Polem elektrostatycznym** nazywamy właściwość przestrzeni polegającą na tym, że na umieszczone w tej przestrzeni ciało naelektryzowa-

ne działa siła elektryczna. Do badania pola służą ładunki próbne. **ładunek próbny** to dodatni ładunek punktowy  $q_0$  tak mały, iż jego wprowadzenie nie zmienia pola wytworzonego przez inne ładunki. Źródłem pola mogą być cząstka, kula, powłoka kulista, płyta i każde inne ciało naładowane ładunkiem  $Q$ .

### NATĘŻENIE POLA ELEKTROSTATYCZNEGO

Pole elektrostatyczne jest opisywane za pomocą wielkości wektorowej  $\vec{E}$ , zwanej **natężeniem pola elektrostatycznego**. Natężeniem pola elektrostatycznego  $\vec{E}$  w danym punkcie nazywamy stosunek siły  $F$  działającej na umieszczony w tym punkcie ładunek próbny  $q_0$  do wartości tego ładunku:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad [E] = 1 \frac{N}{C} = 1 \frac{V}{m}$$

Natężenie pola równa się jednostce (w SI) w takim punkcie, w którym na ładunek 1 C działa siła 1 N. Jednostka ta nie ma nazwy.

Kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrostatycznego pokrywa się z kierunkiem i zwrotem siły działającej na ładunek próbny. Na ładunek próbny  $q_0$ ,

znajdujący się w odległości  $R$  od środka, np. kulki, działa siła  $F = k \frac{qQ_2}{R^2}$ , gdzie  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ . Zatem wartość

natężenia pola elektrostatycznego w badanym punkcie pola centralnego w próżni wynosi  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R^2}$ . W dowolnym jednorodnym ośrodku

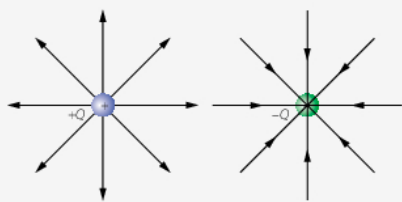
przyjmujemy natomiast wartość:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{R^2}$$

Wraz ze wzrostem odległości od ładunku źródłowego  $Q$  na ładunek próbny  $q_0$  działa coraz mniejsza siła, co oznacza, że w miarę oddalania się od źródła natężenie pola jest coraz mniejsze.

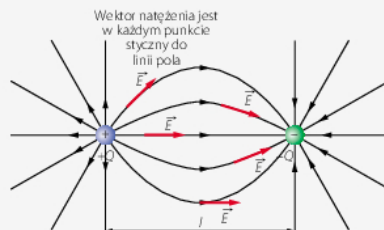
### LINIE POLA ELEKTROSTATYCZNEGO

Przyjęto się przedstawiać pole elektrostatyczne graficznie, za pomocą tzw. **linii pola elektrostatycznego** wychodzących z ładunku dodatniego i wchodzących do ładunku ujemnego. Pole elektrostatyczne o kulistej symetrii nazywamy **polem centralnym**.



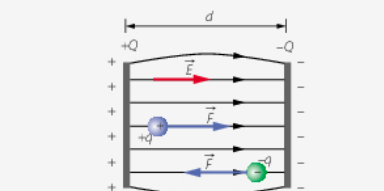
Centralne pole elektrostatyczne ładunku dodatniego i ujemnego

Szczególnym przypadkiem pola elektrostatycznego jest pole elektrostatyczne wytworzone przez układ dwóch ładunków znajdujących się w odległości  $l$  o jednakowej wartości, ale przeciwnych znakach zwanym **dipolem**.



Pole elektrostatyczne wytworzone przez dipol

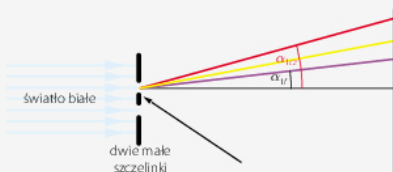
Pole między dwoma równoległymi płytami metalowymi, naładowanymi ładunkiem o tej samej wartości, ale o przeciwnych znakach, nazywamy **polem jednorodnym**. Linie tego pola są do siebie równoległe, a natężenie w każdym punkcie jest jednakowe, niezależnie od odległości  $d$  od płyt.



Jednorodne pole elektrostatyczne

## 6.2. FALOWE CECHY ŚWIATŁA

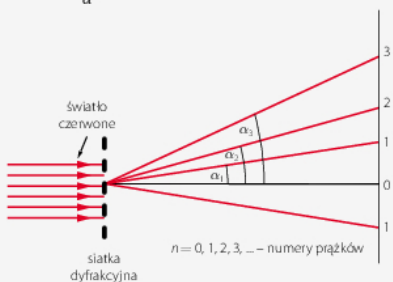
### DYFRAKCYJA I INTERFERENCJA



Fale różnych długości należące do światła białego mają różny kąt ugięcia  $\alpha_i$  i na ekranie tworzą barwny prążek pierwszego rzędu. Odległość między szczelinami wynosi  $d$ . Kąt  $\alpha_p$ , pod którym wi-  
dać prążek 1 rzędu, spełnia warunek:

$$\sin \alpha_{1r} = \frac{\lambda_r}{d}$$

$$\sin \alpha_{1z} = \frac{\lambda_z}{d}$$

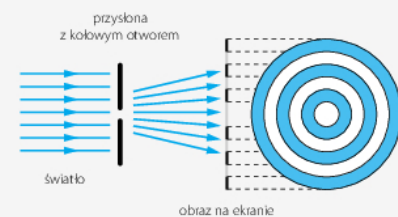


Warunek powstawania  $n$ -tego prążka interferen-  
cyjnego:

$$d \sin \alpha_n = n \cdot \lambda$$

gdzie  $d$  – stała siatki dyfrakcyjnej

### Dyfrakcja światła na krawędzi małego otworu kołowego



Centralny jasny krążek otoczony jest jasnymi i ciemnymi pierścieniami. Pierwszy ciemny pier-  
ścień przypada dla kąta ugięcia spełniającego wa-  
runek:  $\sin \alpha = \frac{1,22 \lambda}{D}$ .

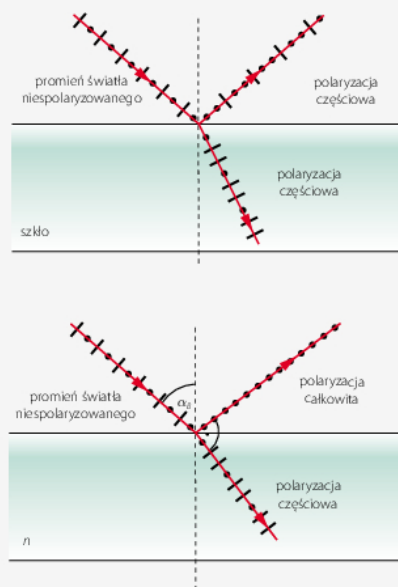
$D$  – średnica otworu

### POLARYZACJA

Światło jest spolaryzowane całkowicie, jeżeli w strumieniu tego światła we wszystkich falach drgania wektorów pól elektrycznych odbywają się w jednej płaszczyźnie.

Światło ulega polaryzacji całkowitej lub częściowej, gdy:

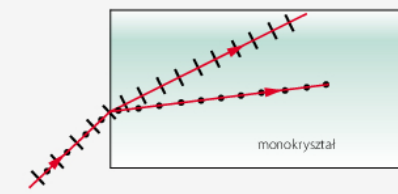
- odbija się od dielektryka,
- wchodzi do przezroczystego dielektryka,
- przechodzi przez niektóre przezroczyste kryształy,
- przechodzi przez niektóre, sztucznie wytworzone przezroczyste błony zwane polaroidami.



$\alpha_B$  – kąt Brewstera

$$\text{tg} \alpha_B = n$$

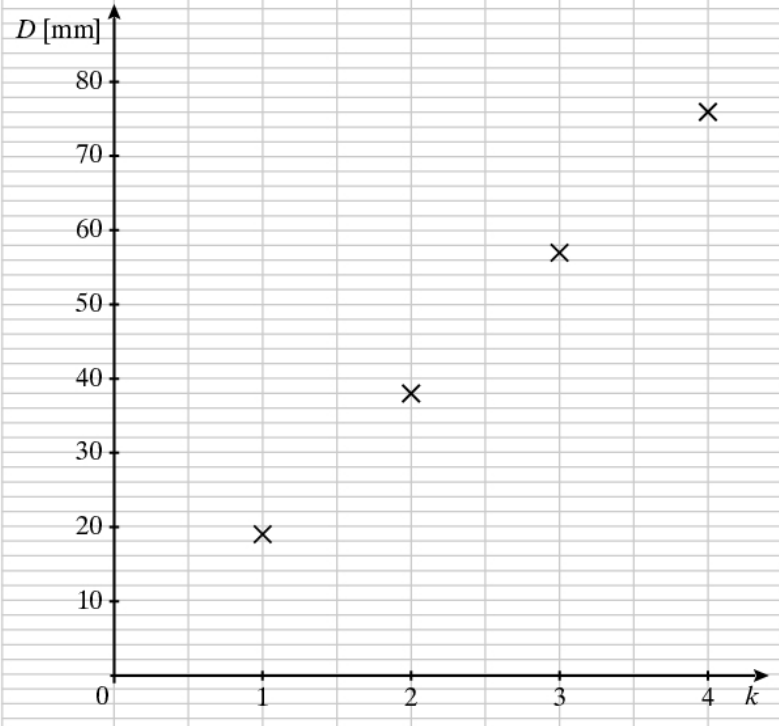
W monokryształach, ze względu na ich anizotropię optyczną, promień ulega podziałowi na dwa promienie. Każdy z promieni jest spolaryzowany całkowicie.



na stronie 157

- poprawne wszystkie odpowiedzi
- 1 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie
- dwie poprawne odpowiedzi
- 0 pkt – rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu
- brak spełnienia powyższych kryteriów

*Fizyka. Poziom rozszerzony*  
*Próbna Matura z OPERONEM i Wirtualną Polską*

Numer zadania	Poprawna odpowiedź i zasady przyznawania punktów	Liczba punktów
11.4.	 <p>Ponieważ sens fizyczny mają tylko całkowite wartości <math>k</math>, narysowanie linii wykresu jest błędem.          Niepewności pomiarowe są bardzo wąskie, więc nie jest wymagane ich zaznaczenie.</p>	0–3
	<p>3 pkt – Rozwiązanie poprawne            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi oraz            – poprawne zaznaczenie wszystkich punktów pomiarowych</p> <p>2 pkt – Pokonanie zasadniczych trudności zadania, które jednak nie zostało rozwiązane do końca poprawnie            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi oraz            – poprawne zaznaczenie trzech punktów pomiarowych            lub            – spełnienie wszystkich wymagań na 3 pkt bez podania poprawnych jednostek na osiach</p> <p>1 pkt – Rozwiązanie, w którym jest istotny postęp            – poprawne wyskalowanie i oznaczenie osi            lub            – spełnienie wszystkich wymagań na 2 pkt bez podania poprawnych jednostek na osiach</p> <p>0 pkt – Rozwiązanie, w którym nie ma istotnego postępu            – brak spełnienia powyższych kryteriów</p>	

**TWÓJ KOD DOSTĘPU  
DO GIEŁDY MATURALNEJ**

## TWÓJ KOD DOSTĘPU

E1D751F19

Wybierz

*Zdecydowanie*  
**NAJLEPSZY SERWIS DLA**  
**MATURZYSTÓW**  
WWW.GIELDAMATURALNA.PL

### DLA CIEBIE:

• WIĘCEJ ZADAŃ

• PEŁEN DOSTĘP do całego serwisu przez 2 tygodnie\*!

- 1 Zaloguj się na [gieldamaturalna.pl](http://gieldamaturalna.pl)
- 2 Wpisz swój kod
- 3 Odblokuj dostęp do bazy tysięcy zadań i arkuszy
- 4 Przygotuj się do matury z nami!

\* Kod umożliwia dostęp do wszystkich materiałów zawartych w serwisie [gieldamaturalna.pl](http://gieldamaturalna.pl) przez 14 dni od daty aktywacji (pierwsze użycie kodu). Kod należy aktywować do dnia 31.12.2017 r.

## Najlepsze zakupy przed egzaminem!

BEZPŁATNA  
DOSTAWA

-15%  
SUPER  
RABAT



**TESTY, VADEMECUM  
I PAKIETY 2018**