

# Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2015

## Fizyka

CEK CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

KOD PESEL

Adres zawiera informacje prawidłowe do momentu rozpoczęcia egzaminu.

MFA 2015

miejsce na naklejkę

**EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI**  
POZIOM ROZSZERZONY

DATA: 11 maja 2015 r.  
GODZINA ROZPOCZĘCIA: 9:00  
CZAS PRACY: 180 minut  
LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: 60

**Instrukcja dla zdającego**

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 18 stron (zadania 1–16). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Rozwiązania i odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
3. W rozwiązaniach zadań rachunkowych przedstaw tok rozumowania prowadzący do ostatecznego wyniku oraz pamiętaj o jednostkach.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu pióra tylko z czarnym tuszem atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
7. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijki oraz kalkulatora prostego.
8. Na tej stronie oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
9. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.

Układ graficzny © CKE 2015

MFA-RI\_IP-152

MFA 2015

CEK CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

KOD PESEL

Adres zawiera informacje prawidłowe do momentu rozpoczęcia egzaminu.

MFA 2015

miejsce na naklejkę z kodem

**EGZAMIN MATURALNY Z FIZYKI I ASTRONOMII**  
ROZSZERZONY

11 MAJA 2015

Godzina rozpoczęcia: 9:00

Czas pracy: 150 minut

Liczba punktów do uzyskania: 60

MFA-RI\_IP-152

MFA 2015

**Opracowanie**

dr Jerzy Brojan (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Jan Sawicki (Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Krakowie)

**Redakcja**

dr Wioletta Kozak (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Opracowanie techniczne**

Bartosz Kowalewski (Centralna Komisja Egzaminacyjna)

**Współpraca**

Beata Dobrosielska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Agata Wiśniewska (Centralna Komisja Egzaminacyjna)  
Wydziały Badań i Analiz okręgowych komisji egzaminacyjnych

**Centralna Komisja Egzaminacyjna**  
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa  
tel. 022 536 65 00, fax 022 536 65 04  
e-mail: [ckesekr@cke.edu.pl](mailto:ckesekr@cke.edu.pl)  
[www.cke.edu.pl](http://www.cke.edu.pl)

# Fizyka – formuła od roku 2015

## Poziom rozszerzony

### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z fizyki zawierał 13 zadań zamkniętych i 20 zadań otwartych krótkiej odpowiedzi. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w zakresie trzech wymagań ogólnych III etapu edukacyjnego:

- I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych (jedno zadanie zamknięte i jedno otwarte – łącznie 4 punkty).
- III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych (jedno zadanie otwarte – 2 punkty).
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów, w tym popularnonaukowych (jedno zadanie otwarte – 2 punkty).

oraz pięciu wymagań ogólnych IV etapu edukacyjnego:

- I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie (8 zadań zamkniętych i 4 zadania otwarte – łącznie 15 punktów).
- II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści (jedno zadanie zamknięte i jedno otwarte – łącznie 2 punkty).
- III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków (2 zadania zamknięte i 3 zadania otwarte – łącznie 10 punktów).
- IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (jedno zadanie zamknięte i 8 zadań otwartych – łącznie 21 punktów).
- V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników (jedno zadanie otwarte – 4 punkty).

Zdający mogli korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki* oraz linijki i kalkulatora prostego. Za rozwiązanie wszystkich zadań można było otrzymać 60 punktów.

### 2. Dane dotyczące populacji zdających

Tabela 1. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym\*

Liczba zdających		
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	<b>ogółem</b>	<b>17 330</b>
	ze szkół na wsi	109
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	2 686
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	6 798
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	7 737
	ze szkół publicznych	16 658
	ze szkół niepublicznych	672
	kobiety	5 072
	mężczyźni	12 258
	bez dysleksji rozwojowej	15 435
	z dysleksją rozwojową	1 895

\* Dane w tabeli dotyczą tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 55 osób – laureatów i finalistów Olimpiady Fizycznej.

Tabela 2. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	21
	słabowidzący	9
	niewidomi	1
	słabosłyszący	23
	niesłyszący	5
	<b>ogółem</b>	<b>59</b>

### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 3. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

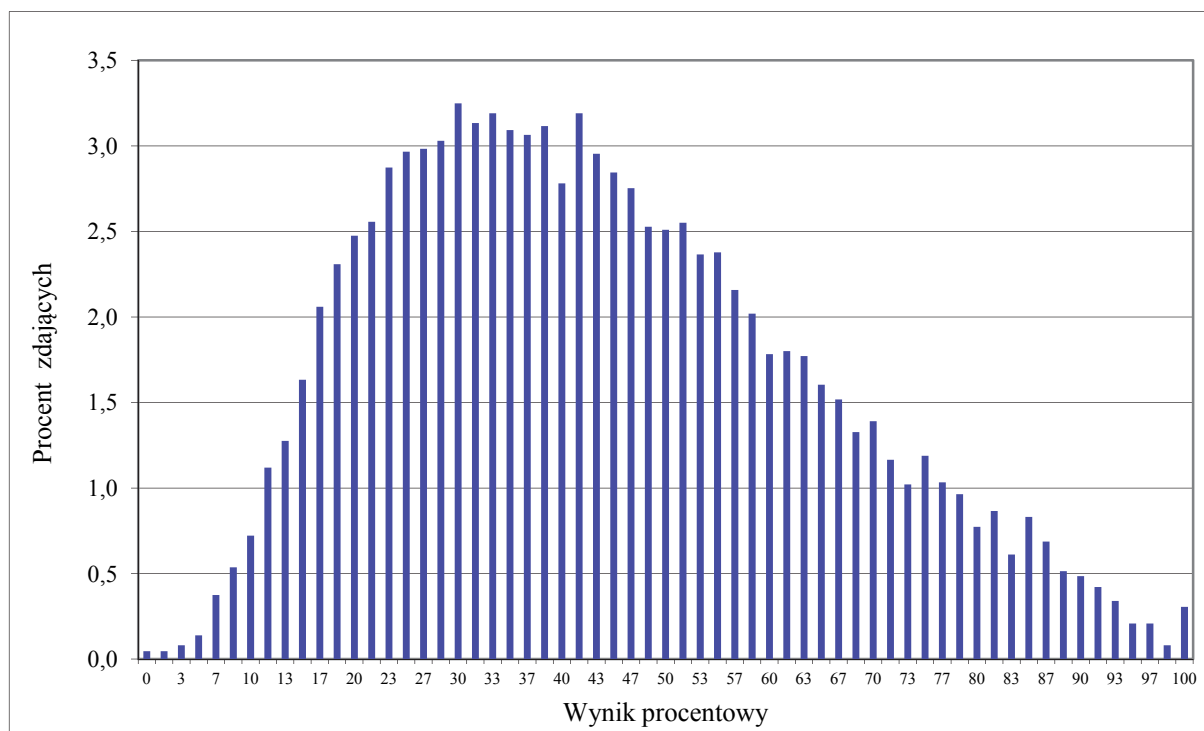
Termin egzaminu		11 maja 2015	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		180 minut	
Liczba szkół		1 257	
Liczba zespołów egzaminatorów		24	
Liczba egzaminatorów		453	
Liczba obserwatorów <sup>1</sup> (§ 143)*		32	
Liczba unieważnień <sup>1</sup>	w przypadku:		
	§ 99 ust. 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
		wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	1
		zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu części egzaminu w sposób utrudniający pracę pozostałym zdającym	0
	§ 99 ust. 2	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
	§ 146 ust. 3	stwierdzenia naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	0
Liczba wglądów <sup>1</sup> (§ 107)*		166	
Liczba prac, w których nie podjęto rozwiązania zadań		2	

\*Dane dotyczą poziomu rozszerzonego „nowej formuły” i „starej formuły” łącznie.

<sup>1</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków i sposobu oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (Dz.U. nr 83, poz. 562, ze zm.)

## 4. Podstawowe dane statystyczne

### Wyniki zdających



Wykres 1. Rozkład wyników zdających

Tabela 4. Wyniki zdających – parametry statystyczne\*

Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
17 330	0	100	42	30	44	20

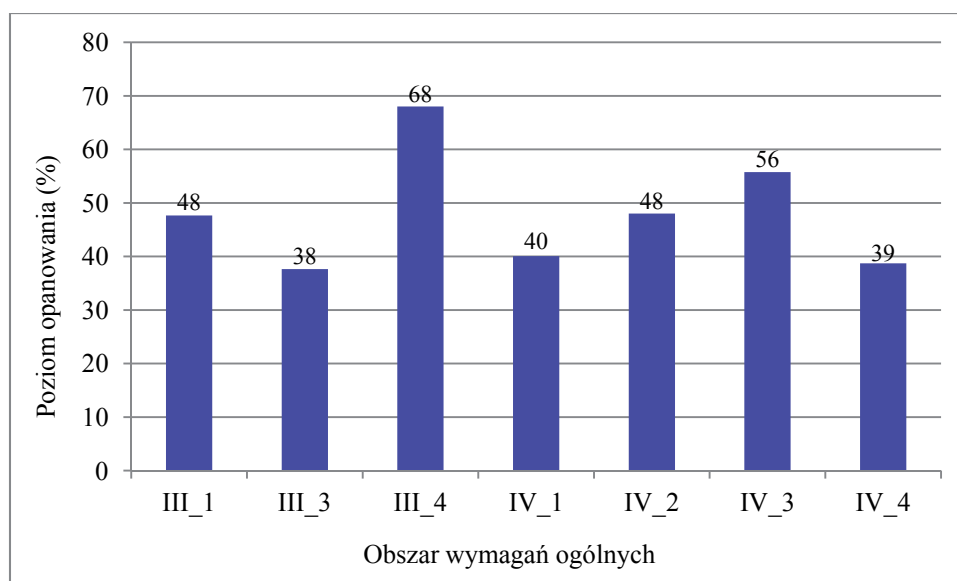
\* Dane dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

### Poziom wykonania zadań

Tabela 5. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe	Poziom wykonania zadania (%)
		Gdy wymaganie dotyczy materiału III etapu edukacyjnego, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu, dopisano (P). Zdający:	
1.1	IV	2.7. analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej [...].	95
1.2	I	2.7. analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentów sił.	63
1.3	I	2.8. stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu.	18
1.4	I (III etap)	1.3. (G) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych.	54
2	I	1.11. [...] posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercyjnym.	19
3.1	III	1.13. składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych.	46
3.2	IV	2.4. analizuje równowagę brył sztywnych [...].	13
3.3	IV	2.9. uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.	24

		3.3. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.	
4.1	III	6.7. stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.	82
4.2	I	6.7. stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.	41
4.3	IV	6.7. stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu.	67
4.4	IV	6.7. stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym [...]. 6.3. oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie [...].	47
5.1	I	1.9. stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał. <i>lub</i> 2.5. wyznacza położenie środka masy.	32
5.2	IV	2.5. wyznacza położenie środka masy.	14
5.3	I	1.9. stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał. 1.14. opisuje wektory prędkości [w ruchu jednostajnym po okręgu].	46
6	I (III etap)	3.9. (G) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa.	46
7	III (III etap)	2.8. (G) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego [...]. 2.11. (G) opisuje ruch cieczy i gazów w zjawisku konwekcji.	38
8	III	7.2. posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego.	58
9	IV	7.9. oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne.	64
10.1	II	12.1. przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi.	14
10.2	IV (III etap)	8.6. (G) odczytuje dane z tabeli [...].	68
10.3	II	8.1. wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego.	32
11.1	III	12.2. samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...]. 3.1. oblicza pracę siły na danej drodze. 12.7. szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...].	61
11.2	I	1.6. Zdający oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku [...]. 12.6. Zdający opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru [...]	54
11.3	I	9.11. stosuje regułę Lenza [...].	34
12	V	10.9. stosuje równanie soczewki [...].	48
13	I	10.4. wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej.	32
14.1	I	3.4. (P) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu [...]. 12.7. szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...].	70
14.2	I	5.9. interpretuje drugą zasadę termodynamiki.	26
15.1	III	11.2. stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego [...].	46
15.2	IV	11.2. [...] wyjaśnia zasadę działania fotokomórki.	16
15.3	IV	2.4. (P) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii. 4.5. (G) posługuje się pojęciem ładunku elektrycznego jako wielokrotności ładunku elementarnego. 4.7. (G) posługuje się pojęciem natężenia prądu elektrycznego.	32
16	I	1.11. (P) opisuje budowę Galaktyki i miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce. 1.12. (P) [...] opisuje rozszerzanie się Wszechświata. 3.11. (P) opisuje reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach [...].	54



Wykres 2. Poziom wykonania zadań w obszarze wymagań ogólnych

## Komentarz

W maju 2015 roku absolwenci liceów ogólnokształcących przystąpili po raz pierwszy do egzaminu maturalnego z fizyki na poziomie rozszerzonym w nowej formule. Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego został wydłużony do 180 minut (dotąd było 120 minut na poziomie podstawowym i 150 minut na poziomie rozszerzonym) i odpowiednio do tego objętość arkusza została nieco zwiększona. Zniesiona została możliwość zdawania egzaminu z fizyki na poziomie podstawowym.

Zadania obejmowały zakres zagadnień opisany w *Podstawie programowej* dla IV etapu edukacyjnego na poziomie rozszerzonym, a ponadto, zgodnie z zasadą kumulatorywności, treści zapisane w *Podstawie programowej* dla III etapu edukacyjnego (gimnazjum) oraz IV etapu na poziomie podstawowym.

Jedną z głównych zmian wprowadzonych w *Podstawie programowej* jest znacznie bardziej szczegółowy zestaw wymagań przekrojowych i doświadczalnych. Spośród umiejętności przekrojowych na tegorocznym egzaminie potrzebne były przede wszystkim:

- powiązanie jednostek fizycznych z jednostkami podstawowymi (punkt 12.1 *Podstawy programowej* w zakresie rozszerzonym),
- samodzielne wykonywanie wykresów (punkt 12.2),
- opisywanie podstawowych zasad niepewności pomiaru (punkt 12.6),
- szacowanie wartości spodziewanego wyniku obliczeń (punkt 12.7),

a spośród umiejętności doświadczalnych:

- opis pomiarów dotyczących obrazów otrzymanywanych za pomocą soczewek (punkt 13.9).

Ponadto nowością było większe zróżnicowanie typów zadań w arkuszu. Zwiększona została liczba zadań zamkniętych, a wśród nich wystąpiły nie tylko zadania wielokrotnego wyboru, lecz także zadania prawda-fałsz, zadania na dobieranie, na dokończenie lub uzupełnianie. Wymagają one od zdającego dokładnej analizy przedstawionego zagadnienia, oceny prawdziwości przedstawionych informacji oraz takiego połączenia treści i uzasadnienia, by zdania tworzyły logiczną i poprawną merytorycznie całość. Mniejszy nacisk położono natomiast na umiejętność rozwiązywania zadań rachunkowych.

Arkusz maturalny z fizyki w nowej formule okazał się trudny dla zdających. Poziomy wykonania zadań mieszczą się w przedziale od 13% do 95%. Sześć zadań było bardzo trudnych (poziom wykonania do 19%), a za ich rozwiązanie można było otrzymać 10 punktów. Zadań trudnych (poziom wykonania od 20% do 49%) w arkuszu było 15 i obejmowały one 29 punktów. Tak więc za

rozwiązanie zadań bardzo trudnych i trudnych można było uzyskać łącznie 39 punktów, co stanowi prawie 2/3 wszystkich punktów możliwych do zdobycia.

W arkuszu znalazło się jedno zadanie bardzo łatwe (poziom wykonania – 95%) i dwa łatwe (poziom wykonania od 70% do 89%), za które można było uzyskać łącznie 3 punkty. Pozostałe 9 zadań to zadania umiarkowanie trudne (od 50% do 69%), łącznie 18 punktów.

### 1. Analiza jakościowa zadań

Bardzo łatwe okazało się zadanie 1.1. (poziom wykonania – 95%), w którym należało podać zwrot obrotu rzuconej obręczy, jeśli po upadku ma ona powrócić do osoby rzucającej. Do wyboru właściwego zwrotu nie była tu konieczna znajomość praw mechaniki, a jedynie odrobina wyobraźni. Łatwe były zadania 4.1. i 14.1. (poziomy wykonania: 82% i 70%). Pierwsze z nich polegało na przypisaniu właściwym rodzajom energii podanych wykresów zależności energii od wychylenia w ruchu drgającym, a drugie dotyczyło prawa rozpadu promieniotwórczego. Wszystkie trzy powyższe zadania były zadaniami zamkniętymi, a dwa najłatwiejsze nie wymagały żadnych obliczeń.

Najtrudniejszymi okazały się zadania 1.3., 2., 3.2., 5.2., 10.1. i 15.2. (poziomy wykonania odpowiednio 18%, 19%, 13%, 14%, 14% i 16%). Spośród nich w zadaniach 1.3. i 3.2. należało wykorzystać wiedzę i umiejętności z zakresu mechaniki bryły sztywnej. Spora grupa zdających próbowała rozwiązywać zadania 3.2. i 3.3. (poziom wykonania zadania 3.3. był również niski – 24%), korzystając z zasad dynamiki dla punktu materialnego zamiast bryły sztywnej, co wskazywało na braki w wiadomościach i umiejętnościach z tego obszaru (zasada zachowania momentu pędu, momenty sił, momenty bezwładności, energia kinetyczna ruchu obrotowego).

W zadaniu 5.2. trudność wynikała zapewne stąd, że pojęcie środka masy układu nie występowało w poprzedniej podstawie programowej ani w poprzednim informatorze maturalnym. Należy sądzić, że pewna część uczniów i nauczycieli zignorowała nowo wprowadzony zapis „uczeń wyznacza położenie środka masy” i nie przećwiczyła tej umiejętności. Podobne może być źródło trudności zadania 10.1., w którym należało wyrazić podaną jednostkę współczynnika Seebecka ( $V/K$ ) w jednostkach podstawowych układu SI. Duża grupa zdających pozostawiała w rozwiązaniu kulomb (który nie jest jednostką podstawową), nie uzyskując punktu za tę odpowiedź. Prawdopodobnie nie zwrócono uwagi na nowy punkt podstawy programowej „uczeń opisuje związki [jednostek] z jednostkami podstawowymi”.

Zadanie 15.2. wymagało od ucznia samodzielnego wyjaśnienia przyczyny zjawiska zilustrowanego wykresem (braku wzrostu natężenia prądu mimo wzrostu napięcia). Choć to objaśnienie jest proste, nie jest standardowym materiałem w podręcznikach szkolnych i trudno było podać odpowiedź wyłącznie na podstawie wiedzy pamięciowej.

W wielu innych zadaniach popełnione błędy również zasługują na uwagę, mimo wyższych poziomów wykonania. Na przykład, poprawne rozwiązanie zadania 5.1. (*Zaznacz [...] położenie gwiazdy o mniejszej masie*) było możliwe bez żadnej wiedzy podręcznikowej, wyłącznie na podstawie np. obserwacji rzutu młotem na zawodach sportowych lub par tanecznych. Biorąc to pod uwagę, poziom wykonania 32% należy uznać za bardzo niski. Tak jak w poprzednio omawianym zadaniu 15.2., przyczyną może być werbalny i pamięciowy sposób przygotowania do egzaminu, przy niedostatecznym kształtowaniu wyobraźni przyrodniczej i naukowej.

Zadanie 6. dotyczyło zagadnienia omawianego w gimnazjum – pływania ciał. Spora grupa zdających poprawnie obliczyła objętość zanurzonej części góry lodowej, natomiast – przypuszczalnie wskutek nieuwagi – nie odpowiedziała na postawione pytanie o objętość *wynurzonej* części góry.

Dużą trudność sprawiło również zdającym zadanie 12. (doświadczalne). Mimo jasnych i jednoznacznych poleceń (opisz metodę wykonania doświadczenia, narysuj układ doświadczalny i przedstaw kolejne czynności wybrane spośród podanych) zdający często nie opisywali metody, zapisywali czynności w sposób fragmentaryczny, wykonywali niestaranne i często błędne rysunki (np. ukazujące powstawanie obrazu pozornego na ekranie). Zgodnie z zapisami w *Podstawie programowej* umiejętności doświadczalne są sprawdzane podczas każdego egzaminu i zdający powinno być do tego lepiej przygotowani.



Trudnym okazało się też zadanie 14.2. (poziom wykonania – 26%), w którym zdający mieli podać nazwę prawa fizycznego, z którego wynika, że żadne urządzenie nie może przetwarzać ciepła w energię elektryczną ze sprawnością równą 100%. Dlaczego tak wiele odpowiedzi wskazywało – zamiast na II zasadę termodynamiki – na I lub II zasadę dynamiki Newtona, zasady zachowania energii lub pędu, albo I zasadę termodynamiki? Może dlatego, że standardowe sformułowanie II zasady termodynamiki odnosi się do przemiany ciepła w *pracę*, a wzmianka o energii elektrycznej zwiększyła trudność.

Zupełnie zaskakującymi były niektóre odpowiedzi do zadania 15.3., w którym należało m.in. oszacować, jaka część liczby padających fotonów spowoduje wybitcie elektronów. Mimo jasno sformułowanego polecenia, a więc i sugestii, że jest to wielkość mniejsza od 1, pewna część zdających napisała np.: *100%, ponieważ każdy foton zawsze może wybić tylko jeden elektron.*

## 2. Problem „pod lupą”

Analiza poprawnych i błędnych metod stosowanych przez zdających była szczególnie pouczająca w dwóch zadaniach, z których jedno polegało na ilościowej analizie wykresu, a drugie – na ustaleniu zgodności lub niezgodności wyniku obliczeń z podaną niepewnością.

### a) Szacowanie pola pod wykresem

Częstym tematem zadań egzaminacyjnych jest szacowanie wielkości fizycznych na podstawie danego wykresu. Szukana wielkość może być współczynnikiem nachylenia, współrzędną punktu przecięcia z osią albo współrzędną punktu interpolowanego. W tegorocznym arkuszu należało oszacować pole pod wykresem.

#### Zadanie 11.1. b)

Oszacuj, korzystając z wykresu, pracę wykonaną podczas zbliżania magnesów [...].

Przykład 1.

$$W = F_{sr} \cdot s = F_{sr} \cdot 2,5 \text{ cm}$$

$$F_{sr} = \sqrt{163 \text{ mN} \cdot 10 \text{ mN}} = \sqrt{163 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 40,37 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$W = 40,37 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 0,025 \text{ m} \approx 10^{-3} \text{ J}$$

Średnia siła działająca na magnes została obliczona jako średnia geometryczna wartości najmniejszej i największej. Wynik jest liczbowo poprawny, choć metoda – niezupełnie (wybór średniej geometrycznej może być dobry tylko dla szczególnego przebiegu funkcji  $F(r)$ ).

## Przykład 2.

$$W = W_1 + W_2$$

$$W_1 = F_{sv} \cdot s \cdot \cos \alpha = F_{sv} \cdot s \cdot 1$$

$$W_1 \text{ (pole pod krzywą)} \quad F_{sv} = \sqrt{163 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ N}} = 40,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

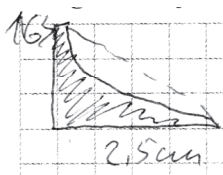
$$W_2 \text{ (pole prostokąta)} \quad W_2 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 0,025 \text{ m} = 25 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$W = W_1 + W_2 = 40,4 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 0,025 \text{ m} + 25 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$W = 1,01 + 0,25 \text{ mJ} = \boxed{1,26 \text{ mJ}}$$

Tutaj popełniono błąd: do pracy obliczonej tak, jak w przykładzie 1 zdający dodał jeszcze pole prostokąta, choć ono jest także częścią „pola pod krzywą”. W ten sposób pole prostokąta zostało uwzględnione podwójnie.

## Przykład 3.



Pole figury to dokładnie połowa pola trójkąta

$$W = \frac{1}{4} F \cdot s = \frac{1}{4} \cdot 163 \text{ mN} \cdot 2,5 \text{ cm}$$

$$W = 1,01875 \text{ mJ}$$

$$W = 1,02 \text{ mJ}$$

Oszacowanie pola figury jako połowy pola trójkąta jest orientacyjne, ale wynik jest poprawny.

Przykład 4.

Role powiększenia pod wpływem można powiększyć polem trójkątne. Powiększenie jednak jest z boku nie jest odcięciem znowa

1/2 powiększenie 1/3

$$W = \frac{1}{3} F \cdot s = \frac{1}{3} \cdot 103 \text{ mN} \cdot 0,025 \text{ m}$$

$$W = 1,35 \text{ mN}$$

Przyjęcie wartości 1/3 daje wynik bardziej odległy od dokładnego, niż w przykładzie 3, ale mieszczą się w dopuszczalnych granicach (ponadto jest poważniejszy błąd co do jednostki).

#### b) Analiza zgodności wyniku z podaną niepewnością

Zdający powinni dobrze rozumieć sens niepewności pomiarowych, czego przykładem jest poniższe zadanie.

#### Zadanie 11.2.

Czas spadku magnesu w plastikowej rurce był równy  $0,30 \pm 0,03$  s.

Sprawdź, wykonując obliczenia, czy w granicach niepewności pomiaru można uznać spadek magnesu za swobodny. [...]

Przykład 1.

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,4}{10}} = \sqrt{0,08} = 0,2828 \text{ s}$$

można wrzucić, bo  $0,27 \text{ s} < 0,28 \text{ s} < 0,33 \text{ s}$

Rozwiązanie jest poprawne, a gdyby podstawiono dokładniejszą wartość g, byłoby wzorcowe.

Przykład 2.

$$v = g \cdot t$$

$$v_1 = 10 \cdot 0,27 \text{ s} = 2,7 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 10 \cdot 0,30 \text{ s} = 3 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 10 \cdot 0,33 \text{ s} = 3,3 \text{ m/s}$$

Motus musi spaść w wolnym spadku

$$2,7 \text{ m/s} < v_2 = 3 \text{ m/s} < 3,3 \text{ m/s}$$

Wniosek został wyciągnięty bez przywołania niezbędnej wysokości spadku, co jest poważnym błędem.

Przykład 3.

$$h = \frac{g t^2}{2} \quad 2h = g t^2 \Rightarrow g = \frac{2h}{t^2}$$

$$g_1 = \frac{2 \cdot 0,4}{(0,27)^2} = \frac{0,8}{0,0729} \approx 10,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$g_2 = \frac{2 \cdot 0,4}{(0,33)^2} = \frac{0,8}{0,1089} \approx 7,35 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$g = \frac{2 \cdot 0,4}{(0,3)^2} = \frac{0,8}{0,09} \approx 8,89 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Motus musi porównać  $7,35 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} < 8,89 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} < 10,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Błąd jest podobny do poprzedniego – tym razem brakuje konfrontacji między wynikami a znaną wartością  $g$ .

Przykład 4.

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,81 = 0,405 \text{ m}$$

$$4,905 \cdot (0,27)^2 = 0,357 \text{ [m]} \quad \text{or} \quad 4,905 \cdot (0,33)^2 = 0,53 \text{ [m]}$$

Mozna gdy ~~0,357~~ <sub>36</sub> cm < 40 cm < ~~0,53~~ <sup>5</sup> 3 cm

Zastosowana tu metoda jest odmienna od rozwiązania podanego na stronie CKE, ale w pełni poprawna.

### 3. Podsumowanie

Szczegółowa analiza wyników egzaminu oraz sprawdzanych obszarów wiedzy i umiejętności zapisanych w *Podstawie programowej* pozwala wyróżnić mechanikę bryły sztywnej jako dział słabiej opanowany przez zdających. Jednak główna trudność napotykana podczas rozwiązywania zadań polegała raczej na słabym opanowaniu niektórych wymagań przekrojowych oraz na braku umiejętności szczegółowej analizy tekstu, w którym można było znaleźć sporo wskazówek i dodatkowych informacji, ułatwiających rozwiązanie lub udzielenie odpowiedzi. Ponadto ważną umiejętnością jest formułowanie merytorycznie poprawnych, spójnych i logicznych wypowiedzi, wyjaśnień, sądów i opinii, opierających się na poznanych w szkole prawach i zasadach przyrody.

W arkuszu zawartych było 6 zadań (2., 3.1., 4.2., 5.3., 11.3. i 13.) o konstrukcji odmiennej od dotychczasowych (prawda-falsz, dobieranie, uzupełnianie). Średni poziom ich wykonania wyniósł 38%, czyli nieco mniej niż średnia dla całego arkusza. Trudności napotkane przez zdających w związku z nowymi wymaganiami przekrojowymi *Podstawy programowej* i nowymi typami zadań wskazują, że nauczyciele i uczniowie muszą poświęcić więcej czasu na analizę i rozwiązywanie takich zadań.

Błędy popełniane przez zdających często nie są spowodowane brakami w posiadanej wiedzy, lecz wynikają z niedokładnego przeczytania poleceń, formułowaniu odpowiedzi typowych lub udzielania odpowiedzi bez dokładnej analizy problemu. Uwaga ta dotyczy szczególnie tych zadań, w których zdający musi samodzielnie zbudować poprawne konstrukcje logiczne wraz z merytorycznie poprawnym uzasadnieniem.

Podczas wykonywania obliczeń zdarzają się błędy rachunkowe, co trudno jest całkowicie wyeliminować. Niedobrze jest jednak, gdy zdający bezkrytycznie prezentują wyniki różniące się o kilka rzędów wielkości od możliwych do przewidzenia realnych wartości. Należy więc wdrożyć uczniów do krytycyzmu i kontroli otrzymywanych wyników.

Tylko takie wielopłaszczyznowe podejście do nauczania fizyki może zaowocować dobrym wynikiem z egzaminu maturalnego i pozwolić przyszłym maturzystom na pomyślne dalsze studia na kierunkach przyrodniczych i technicznych.



## Fizyka – formuła do roku 2014

### Poziom podstawowy

#### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z fizyki na poziomie podstawowym składał się z 12 zadań zamkniętych oraz 19 zadań otwartych krótkiej odpowiedzi. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w trzech obszarach III etapu edukacyjnego:

- I. Wiadomości i rozumienie (8 zadań zamkniętych i 11 zadań otwartych – łącznie 28 punktów),
- II. Korzystanie z informacji (3 zadania zamknięte i 7 zadań otwartych – łącznie 18 punktów),
- III. Tworzenie informacji (jedno zadanie zamknięte i jedno otwarte – łącznie 4 punkty).

Zdający mogli korzystać z *Karty wybranych wzorów i stałych fizycznych* oraz linijki i kalkulatora prostego. Za rozwiązanie wszystkich zadań można było otrzymać 50 punktów.

#### 2. Dane dotyczące populacji zdających

Tabela 6. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym\*

Liczba zdających		
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	<b>ogółem</b>	<b>5 474</b>
	z liceów ogólnokształcących	454
	z liceów profilowanych	5
	z techników	5004
	z liceów uzupełniających	1
	z techników uzupełniających	10
	ze szkół na wsi	108
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	714
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	2 298
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	2 354
	ze szkół publicznych	5 412
	ze szkół niepublicznych	62
	kobiety	451
	mężczyźni	5 023
	bez dysleksji rozwojowej	4 885
z dysleksją rozwojową	589	

\* Dane w tabeli dotyczą wszystkich przystępujących do egzaminu.

Z egzaminu zwolniono 55 osób – laureatów i finalistów Olimpiady Fizycznej.

Tabela 7. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	5
	słabowidzący	2
	niewidomi	0
	słabosłyszący	0
	niesłyszący	0
	<b>ogółem</b>	<b>7</b>

### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 8. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

Termin egzaminu		11 maja 2015	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		120 minut	
Liczba szkół		1 340	
Liczba zespołów egzaminatorów*		13	
Liczba egzaminatorów*		256	
Liczba obserwatorów <sup>2</sup> (§ 143)**		19	
Liczba unieważnień <sup>2</sup>	w przypadku		
	§ 99 ust. 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
		wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	0
		zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu części egzaminu w sposób utrudniający pracę pozostałym zdającym	0
	§ 99 ust. 2	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
§ 146 ust. 3	stwierdzenia naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	1	
Liczba wglądów <sup>2</sup> (§ 107)**		15	

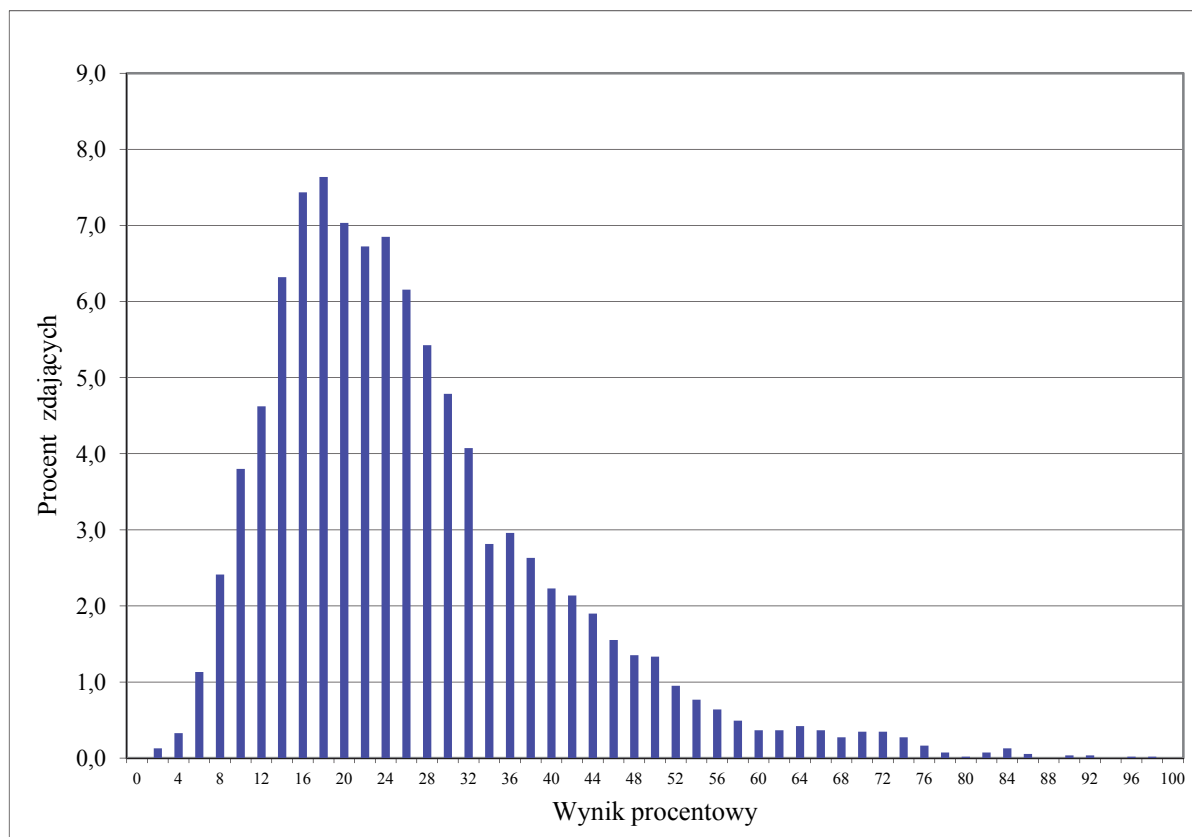
\* Dane dotyczą obu poziomów egzaminu (podstawowego i rozszerzonego) łącznie.

\*\* Dane dotyczą „starej formuły” i „nowej formuły” łącznie.

<sup>2</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków i sposobu oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (Dz.U. nr 83, poz. 562, ze zm.)

## 4. Podstawowe dane statystyczne

### Wyniki zdających



Wykres 3. Rozkład wyników zdających

Tabela 9. Wyniki zdających – parametry statystyczne\*

Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
5474	2	98	24	18	27	14

\* Dane w tabeli dotyczą wszystkich przystępujących do egzaminu.

### Poziom wykonania zadań

Tabela 10. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Obszar standardów	Sprawdzana umiejętność	Poziom wykonania zadania (%)
1	II	II.1.b. Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresu [...].	59
2	II	II.1.b. Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresu [...].	82
3	I	I.1.1.6. Opisywanie ruchu jednostajnego po okręgu.	40
4	II	II.1.b. Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie wykresu [...].	20



5	I	I.1.6.1. Posługiwanie się pojęciem pracy.	44
6	I	I.1.2.1. Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania elektrostatycznego [...].	24
7	I	I.1.2.1. Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania [...] magnetycznego.	20
8	I	I.1.5.3. Analizowanie zjawiska [...] załamania światła.	37
9	I	I.1.7.4. Analizowanie [...] etapów ewolucji gwiazd [...].	26
10	I	I.1.5.11. Przedstawianie zastosowania układu soczewek w budowie podstawowych przyrządów optycznych.	50
11.1	I	I.1.2.3. Analizowanie ruchu ciał z uwzględnieniem sił tarcia i oporu.	10
11.2	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	24
12	I	I.1.8.5. Określanie przyczyn powstawania niepewności pomiarowych	59
13.1	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	4
13.2	I	I.1.2.1. Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania grawitacyjnego [...].	23
14.1	III	III.3. Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	53
14.2	I	I.1.4.1. Zastosowanie równania Clapeyrona [...] do wyznaczania parametrów gazu.	13
15.1	III	II.1.b. Odczytywanie informacji przedstawionych w formie wykresu. III.3. Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	25
15.2	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	10
16	II	II.2. Uzupełnianie brakujących elementów rysunku.	34
17.1	I	I.1.3.8. Porównywanie własności magnetycznych substancji [...].	48
17.2	I	I.1.3.9. Podawanie przykładów [...] urządzeń wykorzystujących własności magnetyczne [...] materii.	26
18.1	II	II.2. Uzupełnianie brakujących elementów rysunku.	37
18.2	II	II.1.b. Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionych w formie [...] rysunków.	31
19.1	I	I.1.5.10. Opisywanie sposobów korekcji dalekowzroczności i krótkowzroczności.	59
19.2	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	9
20.1	I	I.1.5.19. Podawanie podstawowych założeń modelu atomu wodoru wg Bohra.	10
20.2	I	I.1.5.20. Obliczanie częstotliwości fali emitowanej przez atom wodoru [...].	8
21.1	I	I.1.6.10. Zastosowanie zasad zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu reakcji jądrowych [...].	12
21.2	I	I.1.6.10. Zastosowanie zasad zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu [...] przemian jądrowych.	18
21.3	I	I.1.9. Posługiwanie się pojęciami [...] pozwalającymi na zrozumienie [...] narzędzi pracy współczesnego fizyka.	61

## Poziom rozszerzony

### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z fizyki na poziomie rozszerzonym składał się z 4 zadań zamkniętych oraz 24 zadań otwartych krótkiej odpowiedzi. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w trzech obszarach IV etapu edukacyjnego:

- I. Wiadomości i rozumienie (2 zadania zamknięte i 10 zadań otwartych – łącznie 24 punkty),
- II. Korzystanie z informacji (9 zadań otwartych – łącznie 23 punkty),
- III. Tworzenie informacji (2 zadania zamknięte i 5 zadań otwartych – łącznie 13 punktów).

Zdający mogli korzystać z *Karty wybranych wzorów i stałych fizycznych* oraz linijki i kalkulatora prostego. Za rozwiązanie wszystkich zadań można było otrzymać 60 punktów.

### 2. Dane dotyczące populacji zdających

Tabela 11. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym\*

Liczba zdających		
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	<b>ogółem</b>	1 569
	z liceów ogólnokształcących	880
	z liceów profilowanych	2
	z techników	686
	z liceów uzupełniających	0
	z techników uzupełniających	1
	ze szkół na wsi	18
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	141
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	521
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	889
	ze szkół publicznych	1 517
	ze szkół niepublicznych	52
	kobiety	310
	mężczyźni	1 259
	bez dysleksji rozwojowej	1 460
z dysleksją rozwojową	109	

\* Dane w tabeli dotyczą wszystkich przystępujących do egzaminu.

Z egzaminu zwolniono 55 osób – laureatów i finalistów Olimpiady Fizycznej.

Tabela 12. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	1
	słabowidzący	2
	niewidomi	0
	słabosłyszący	3
	nieśłyszący	0
	<b>ogółem</b>	<b>6</b>

### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 13. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

Termin egzaminu		11 maja 2015	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		150 minut	
Liczba szkół		788	
Liczba zespołów egzaminatorów*		13	
Liczba egzaminatorów*		256	
Liczba obserwatorów <sup>3</sup> (§ 143)**		32	
Liczba unieważnień <sup>3</sup>	w przypadku:		
	§ 99 ust. 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
		wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	0
		zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu części egzaminu w sposób utrudniający pracę pozostałym zdającym	0
	§ 99 ust. 2	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
§ 146 ust. 3	stwierdzenia naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	0	
Liczba wglądów <sup>3</sup> (§ 107)**		166	

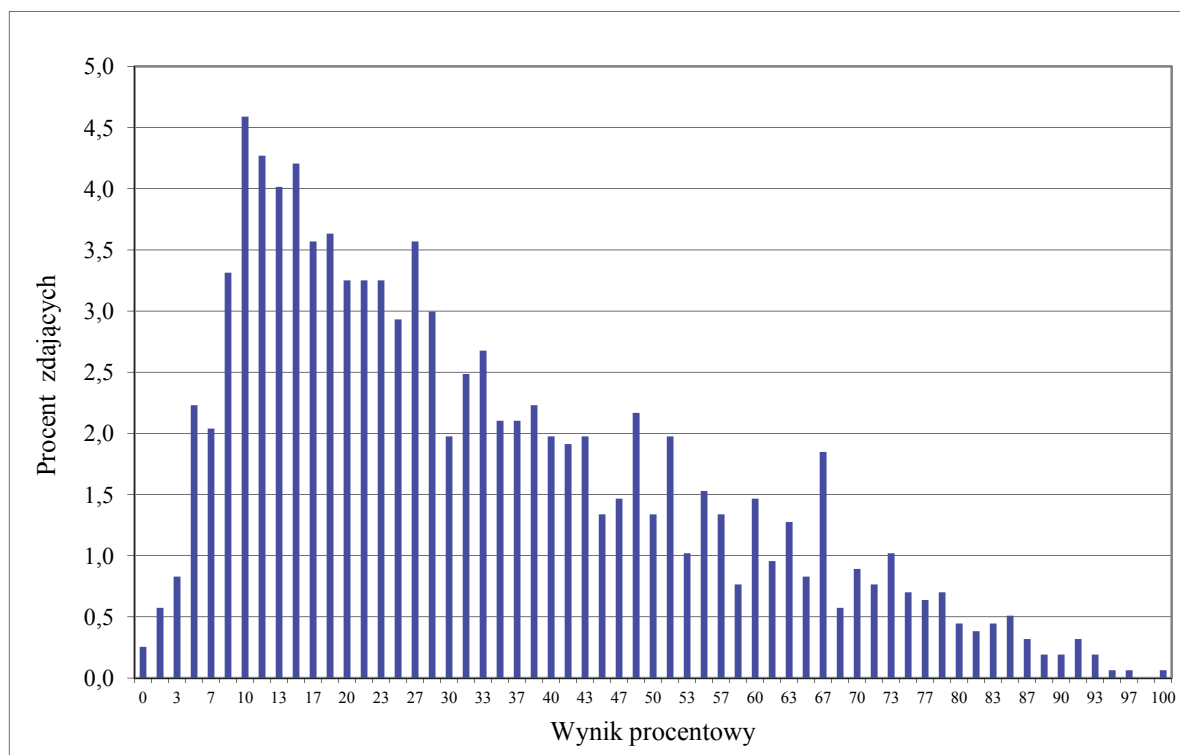
\* Dane dotyczą obu poziomów egzaminu (podstawowego i rozszerzonego) łącznie.

\*\* Dane dotyczą poziomu rozszerzonego „starej formuły” i „nowej formuły” łącznie.

<sup>3</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków i sposobu oceniania, klasyfikowania i promowania uczniów i słuchaczy oraz przeprowadzania sprawdzianów i egzaminów w szkołach publicznych (Dz.U. nr 83, poz. 562, ze zm.)

## 4. Podstawowe dane statystyczne

### Wyniki zdających



Wykres 4. Rozkład wyników zdających

Tabela 14. Wyniki zdających – parametry statystyczne\*

Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
1 569	0	100	28	10	33	22

\* Dane w tabeli dotyczą wszystkich przystępujących do egzaminu.

### Poziom wykonania zadań

Tabela 15. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Obszar standardów	Sprawdzana umiejętność Gdy wymaganie dotyczy poziomu podstawowego, dopisano (P)	Poziom wykonania zadania (%)
1.1	I	I.1.7.4. Obliczanie siły wyporu w cieczach [...].	69
1.2	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	47
1.3	III	III.2. Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych.	60
1.4	III	III.2. Stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych.	85
1.5	III	III.3. Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	32

2.1	I	I.1.5.2. (P) Zastosowanie związku między długością, prędkością rozchodzenia się [...] i częstotliwością fali.	55
2.2	III	III.1. Interpretowanie informacji zapisanej w postaci [...] wykresów i schematów.	42
2.3	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	26
2.4	I	I.1.1.6. (P) Opisywanie ruchu jednostajnego po okręgu.	46
2.5	III	III.3. Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.	21
3.1	I	I.1.5.8. (P) Posługiwanie się pojęciem powiększenia [...].	10
3.2	II	II.2. Uzupełnianie brakujących elementów rysunku [...].	34
3.3	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	16
4.1	I	I.2. (P) Wyjaśnianie przebiegu zjawisk na podstawie znanych zależności [...].	60
4.2	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	21
4.3	I	I.1.9. (P) Posługiwanie się pojęciami i wielkościami [...] pozwalającymi na zrozumienie [...] narzędzi pracy współczesnego fizyka i astronoma.	38
4.4	III	III.1. Interpretowanie informacji zapisanej w postaci tabel [...].	50
4.5	I	I.2. Przewidywanie przebiegu zjawisk na podstawie znanych praw [...].	18
4.6	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	44
4.7	III	III.4. Planowanie prostych doświadczeń [...].	33
5.1	II	II.2. Uzupełnianie brakujących elementów rysunku [...].	20
5.2	I	I.1.4.6. Obliczanie wartości SEM indukcji [...].	23
5.3	I	I.1.1.3. (P) Obliczanie wartości czasu w ruchu jednostajnym [...].	53
5.4	II	II.4b. Rysowanie wykresu zależności dwóch wielkości fizycznych [...].	16
6.1	I	I.1.6.10 (P). Zastosowanie zasad zachowania ładunku i liczby nukleonów do zapisu reakcji jądrowych [...].	56
6.2	I	I.1.2.1. (P) Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania elektrostatycznego [...].	21
6.3	II	II.4c. Obliczanie wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności.	23
6.4	I	I.1.9. (P) Posługiwanie się pojęciami pozwalającymi na zrozumienie narzędzi pracy współczesnego fizyka i astronoma. I.1.5.21. (P) Wyjaśnianie mechanizmu powstawania widma absorpcyjnego [...].	36