

**Województwo wielkopolskie**

**Fizyka**

**Sprawozdanie z egzaminu maturalnego  
w roku 2016**

**Opracowanie**

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

**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)  
Pracownie ds. Analiz Wyników Egzaminacyjnych okręgowych komisji egzaminacyjnych

**Opracowanie dla województwa lubuskiego**

**Okręgowa Komisja Egzaminacyjna w Poznaniu**

Lidia Skibińska  
Jacek Pietrzak

# Fizyka

## Poziom rozszerzony

### 1. Opis arkusza

Arkusz egzaminacyjny z fizyki zawierał 11 zadań zamkniętych i 20 zadań otwartych krótkiej odpowiedzi. Zadania sprawdzały wiadomości oraz umiejętności w zakresie dwóch wymagań ogólnych III etapu edukacyjnego i zakresu podstawowego IV etapu edukacyjnego:

I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych (dwa zadania otwarte – łącznie 3 punkty).

III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych (jedno zadanie otwarte – 1 punkt).

oraz czterech wymagań ogólnych zakresu rozszerzonego IV etapu edukacyjnego:

I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie (3 zadania zamknięte i jedno otwarte – łącznie 5 punktów).

II. Analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści (4 zadania zamknięte i jedno otwarte – łącznie 6 punktów).

III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków (2 zadania zamknięte i 8 zadań otwartych – łącznie 25 punktów).

IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (3 zadania zamknięte i 6 zadań otwartych – łącznie 20 punktów).

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		1950
Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym	z liceów ogólnokształcących	1527
	z techników	431
	ze szkół na wsi	63
	ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców	357
	ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców	891
	ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	639
	ze szkół publicznych	1898
	ze szkół niepublicznych	52
	kobiety	492
	mężczyźni	1458

\* Dane w tabeli dotyczą tegorocznych absolwentów.

Żadna z osób nie uzyskała uprawnień do zwolnienia z egzaminu z tytułu bycia laureatem lub finalistą Olimpiady Fizycznej.

Tabela 2. Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych

Zdający rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych	z autyzmem, w tym z zespołem Aspergera	1
	słabowidzący	1
	niewidomi	0
	słabosłyszący	6
	niesłyszący	0
	<b>Ogółem</b>	<b>8</b>

### 3. Przebieg egzaminu

Tabela 3. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

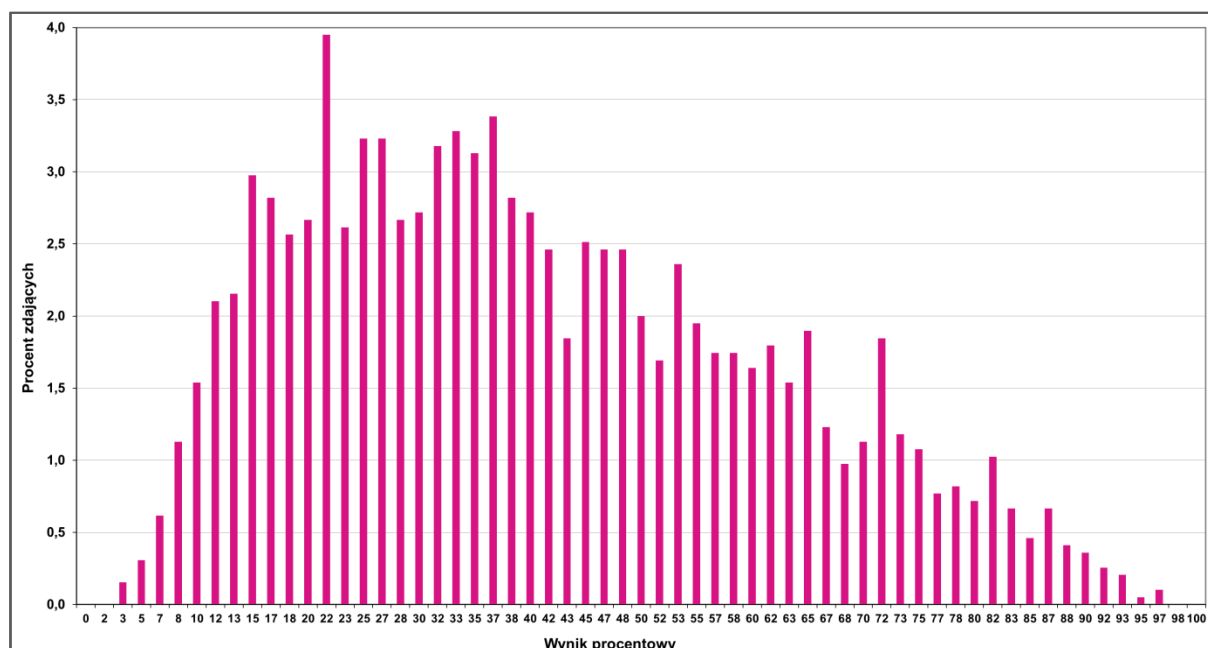
Termin egzaminu		16 maja 2016	
Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego		180 minut	
Liczba szkół		179	
Liczba zespołów egzaminatorów		2	
Liczba egzaminatorów		46	
Liczba obserwatorów <sup>1</sup> (§ 8 ust. 1)		2	
Liczba unieważnień <sup>2</sup>	w przypadku:		
	art. 44zzv pkt 1	stwierdzenia niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
	art. 44zzv pkt 2	wniesienia lub korzystania przez zdającego w sali egzaminacyjnej z urządzenia telekomunikacyjnego	0
	art. 44zzv pkt 3	zakłócenia przez zdającego prawidłowego przebiegu egzaminu	0
	art. 44zzw ust. 1	stwierdzenia podczas sprawdzania pracy niesamodzielnego rozwiązywania zadań przez zdającego	0
	art. 44zzy ust. 7	stwierdzenie naruszenia przepisów dotyczących przeprowadzenia egzaminu	0
	art. 44zzy ust. 10	niemożność ustalenia wyniku (np. zaginięcie karty odpowiedzi)	0
Liczba wglądów <sup>2</sup> (art. 44zzz)		12	
Liczba prac, w których nie podjęto rozwiązania zadań		0	

<sup>1</sup> Na podstawie rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 25 czerwca 2015 r. w sprawie szczegółowych warunków i sposobu przeprowadzania sprawdzianu, egzaminu gimnazjalnego i egzaminu maturalnego (Dz.U. z 2015, poz. 959).

<sup>2</sup> Na podstawie ustawy z dnia 7 września 1991 r. o systemie oświaty (tekst jedn. Dz.U. z 2015, poz. 2156, ze zm.).

## 4. Podstawowe dane statystyczne

### Wyniki zdających



Wykres 1. Rozkład wyników zdających

Tabela 4. Wyniki zdających – parametry statystyczne\*

Zdający	Liczba zdających	Minimum (%)	Maksimum (%)	Mediana (%)	Modalna (%)	Średnia (%)	Odchylenie standardowe (%)
<b>ogółem</b>	<b>1950</b>	<b>3</b>	<b>97</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>41</b>	<b>21</b>
w tym:							
z liceów ogólnokształcących	1527	5	97	42	37	45	20
z techników	431	3	88	20	15	25	16

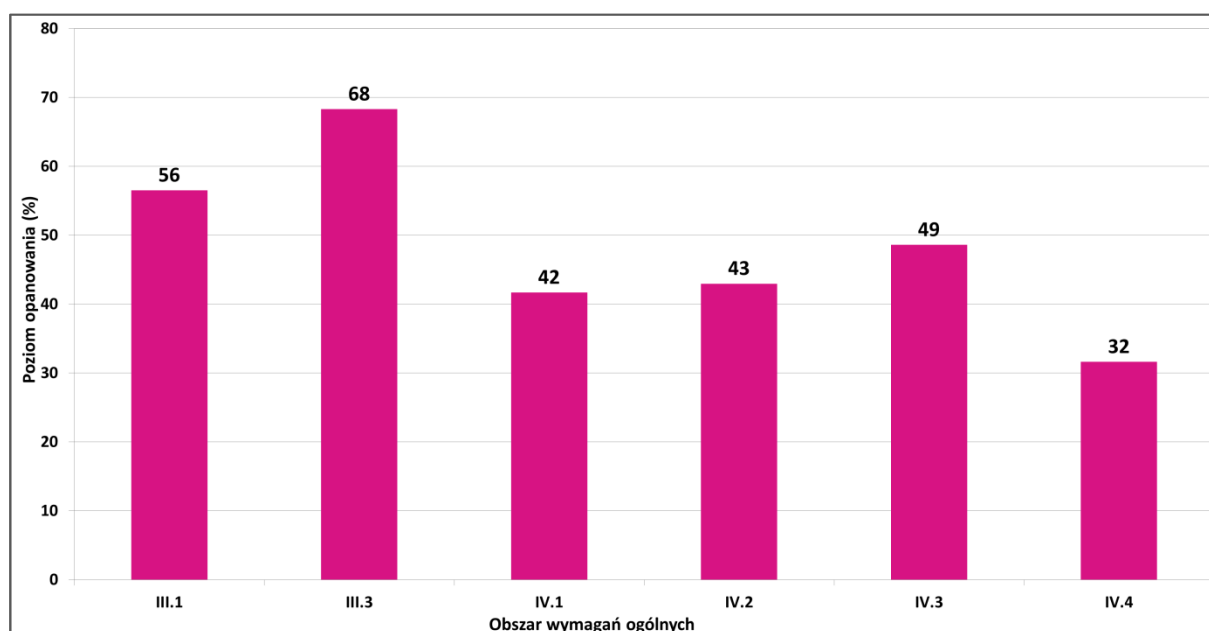
\* Dane dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

**Poziom wykonania zadań**

Tabela 5. Poziom wykonania zadań

Nr zad.	Wymaganie ogólne	Wymaganie szczegółowe	Poziom wykonania zadania (%)
		<i>Gdy wymaganie dotyczy materiału III etapu edukacyjnego, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu, dopisano (P).</i> Zdający:	
1.1	III	12.2. samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...]. 12.4. interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią [...], także za pomocą wykresu.	69
1.2	III	3.5. stosuje zasadę zachowania energii [...] do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.	58
2.1	I	3.5 (P). opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku [...].	36
2.2	IV	3.2 (P). posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania [...].	18
3.1	IV	1.8. wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona.	46
3.2	I	3.3. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.	47
3.3	IV	2.9. uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii. 3.3. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu.	43
4.1	I (III etap)	1.4 (G). opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona. 3.9 (G). wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa.	69
4.2	IV	1.1. [...] wykonuje działania na wektorach. 3.3 (G). posługuje się pojęciem gęstości. 3.9 (G). wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa.	33
5.1	II	12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...].	54
5.2	II	12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...]. 3.6 (G). posługuje się pojęciem ciśnienia [...].	58
6	III	1.7 (P). wyjaśnia, dlaczego planety widziane z Ziemi przesuwiają się na tle gwiazd.	77
7	I	1.9 (P). opisuje [...] zasadę pomiaru odległości do najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej.	51
8.1	III	6.3. oblicza okres drgań [...] wahadła matematycznego. 6.4. interpretuje wykresy zależności położenia [...] od czasu w ruchu drgającym.	37
8.2	III	6.1. analizuje ruch pod wpływem sił sprężystych (harmonicznych) [...].	17
9	I	6.13. opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.	37
10.1	IV	1.1. [...] wykonuje działania na wektorach. 7.2. posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego.	24
10.2	IV	1.1. [...] wykonuje działania na wektorach. 7.3. oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego.	21
10.3	III	7.6. przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola.	24
10.4	III	12.7. szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...].	35
11	IV	5.2. opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną.	18
12	III	10.6. stosuje prawa odbicia i załamania fal [...].	27

13	III (III etap)	7.2 (G). wyjaśnia powstawanie obszarów cienia i półcienia [...].	68
14.1	III	8.4. stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych.	64
14.2	IV	8.4. stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych. 8.5. oblicza opór zastępczy [...].	29
14.3	I (III etap)	4.10 (G). posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego.	31
15.1	III	4.6. wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich.	33
15.2	II	12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...].	34
15.3	II	3.5. stosuje zasadę zachowania energii [...] do opisu zderzeń.	40
15.4	II	12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...]. 3.5. stosuje zasadę zachowania energii [...] do opisu zderzeń.	17
16	IV	9.12. opisuje budowę i zasadę działania prądnicy [...]. 9.13. opisuje prąd przemienny [...].	89



Wykres 2. Poziom wykonania zadań w obszarze wymagań ogólnych

(Oznaczenie np.:

III\_1 oznacza wymaganie ogólne 1 III etapu edukacyjnego

IV\_1 oznacza wymaganie ogólne 1 z zakresu rozszerzonego IV etapu edukacyjnego.)

## Komentarz

W roku 2016 do egzaminu maturalnego z fizyki w nowej formule przystąpili po raz drugi absolwenci liceów ogólnokształcących, a po raz pierwszy – absolwenci techników. Egzamin w nowej formule odbył się tylko na poziomie rozszerzonym i był trudny, jednak absolwenci liceów osiągnęli średni wynik 41%, który jest równy zeszłorocznemu. Poziomy wykonania poszczególnych zadań wynosiły od 16% do 89%.

### 1. Analiza jakościowa zadań

Najłatwiejszymi w arkuszu (poziom wykonania powyżej 60%) okazały się zadania: 16. (89%), 6. (77%), 4.1 (69%), 1.1. (69%), 13. (68%) i 14.1. (64%). Za rozwiązanie tych zadań można było uzyskać maksymalnie 12 punktów. Najtrudniejsze (poziom wykonania poniżej 25%) były zadania 8.2. (17%), 15.4. (17%), 2.2. (18%), 11. (18%), 10.2. (21%), 10.1 (24%) i 10.3 (24%). Za rozwiązanie tych zadań łącznie można było uzyskać 12 punktów. Stanowi to 20% punktów możliwych do osiągnięcia i te 9 zadań z pewnością wpłynęło na całłościowy wynik egzaminu.

Najwyższy wynik zdający uzyskali za rozwiązanie zadania 16., w którym należało wskazać właściwą wartość napięcia skutecznego prądu przemiennego po zwiększeniu częstotliwości obrotów wirnika. Aby wybrać jedną spośród czterech możliwości, wystarczyło zdać sobie sprawę z tego, że te dwie wielkości są do siebie proporcjonalne. W grupie najłatwiejszych było także zadanie zamknięte: 14.1. (jakościowy opis zmian w obwodzie elektrycznym wywołanych zmianą jednego elementu) oraz zadanie 6. (wybór planety na podstawie dwóch obrazów nieba widzianych w pewnym odstępie czasu).

Wyniki za rozwiązanie zadań zamkniętych są z reguły wyższe, gdyż można w nich dokonać dobrego wyboru odpowiedzi „szczęśliwym trafem”, a także rzadko są opuszczane przez zdających.

W świetle powyższego zaskakującym jest fakt, że także trzy najtrudniejsze zadania 15.4., 2.2. i 8.2. były zadaniami zamkniętymi. Po części przyczyną słabego wyniku może być to, że konstrukcja tych zadań była inna od tradycyjnej, gdzie wybierano zawsze jedno z czterech zdań (lub uzupełnień). Tu należało nie tylko wybrać poprawne stwierdzenie, ale też dobrać do niego prawidłowe uzasadnienie lub odrębnie sprawdzać poprawność każdego z kilku stwierdzeń. Nowością są zwłaszcza zadania na dobieranie zdań podrzędnych łączonych spójnikiem „ponieważ”. Sprawdzają one umiejętność wnioskowania lub budowania związków przyczynowo-skutkowych. W arkuszu zamieszczono 5 takich zadań (2.2., 3.1., 3.2., 5.2. i 8.2.), a ich średnia łatwość wyniosła 37%. Można sądzić, że wielu zdających rozwiązuje te zadania etapami, nie czytając stwierdzeń całłościowo, co pozwoliłoby na ocenę prawdziwości i istoty podanego tekstu. Już w zeszłorocznym sprawozdaniu sygnalizowaliśmy potrzebę lepszego przygotowania do analizy takich przypadków.

Do zadań o najniższym współczynniku łatwości należą zadania: 8.2, 15.4, 11. i 2.2. Główną przyczyną błędów w rozwiązaniach zadania 8.2 było bezrefleksyjne zastosowanie reguły *okres drgań wahadła nie zależy od jego masy*. Jednak w tym zadaniu wysypywanie się piasku z naczynia oznaczało nie tylko zmniejszanie się masy, ale także obniżanie położenia środka masy, co zostało wyraźnie przedstawione na rysunku, a dodatkowo wprost wskazane w jednym ze zdań do wyboru. Zadanie 15. zawierało opis zjawiska nieznanego uczniom (fragment tekstu popularno-naukowego) – rozpędzania sondy kosmicznej polem Jowisza. Wymagało ono od zdających uważnego przeczytania i przeanalizowania tekstu, a w podpunkcie 15.4. także porównania ze zderzeniem sprężystym. Zadanie to zostało poprawnie rozwiązane przez 18% zdających w województwie. Najprawdopodobniej wynika to z nietypowości problemu i konieczności samodzielnego wyciągnięcia wniosków. Zadanie 2.2. dotyczyło przemiany jądrowej i energii wiązania jąder – pojęcia, które występowało w arkuszach maturalnych bardzo często. Można więc sądzić, że za trudnością w rozwiązaniu tego zadania stoi pewien dodatkowy element – w zdaniu 2. należało powiązać zmianę masy z przemianą energii spoczynkowej w kinetyczną, co bywało rozpatrywane o wiele rzadziej. Podsumowując, podczas rozwiązywania zadań należy uważnie przyglądać się wszystkim elementom rysunku i brać pod uwagę wszystkie aspekty opisywanych zjawisk, bo nawet pozornie łatwe zadanie zamknięte może zawierać elementy wymagające uwzględnienia, a niezupełnie oczywiste.



Oprócz wyżej opisanego zadania 15.4. konieczność zastosowania podanych w treści zadania informacji o nieznanymi z nauki szkolnej zjawiskach lub wielkościach wystąpiła w kilku innych zadaniach: 15.2. i 15.3. (inne części zadania o sondzie kosmicznej), 5.1. i 5.2. (tarcie toczne) oraz 10.4. (szacowanie momentu dipolowego). Poziom wykonania tych zadań wyniósł odpowiednio: 34%, 40%, 54%, 58% i 35%. Jak widać, w tej grupie zadań, najlepiej poradzili sobie zdający z rozwiązaniem zadań dotyczących tarcia tocznego – dla ponad połowy zdających zadania te były umiarkowanie trudne. Pozostałe wymienione wyżej trzy zadania to zadania trudne dla tegorocznych maturzystów.

Trzy zadania z arkusza dotyczyły zagadnień omawianych w całości w gimnazjum: 4.1., 13. i 14.3. Pierwsze zostało wymienione wyżej w grupie najłatwiejszych i polegało na dorysowaniu sił ciężkości i wyporu działających na tratwę. Rozwiązaniem zadania 13. była konstrukcja obszarów cienia i półcienia. Jednak poziom wykonania trzeciego z zadań „gimnazjalnych” – 14.3. – wyniósł 31%, czyli z rozwiązaniem tego zadania nie poradziło sobie prawie 70% maturzystów. To zadanie, choć „z natury” bardzo proste (dotyczyło wpływu ciepła Joule’a na pomiar temperatury), nie było jednak typowe. Rozwiązywanie więc problemów dotyczących przepływu prądu w obwodach elektrycznych (np. zadań z lat poprzednich) w typowym kontekście nie wystarcza by bardzo dobrze i skutecznie przygotować się do egzaminu maturalnego. Trudnym dla zdających było również zadanie 4.2. (poziom wykonania 33%), wymagające uwzględnienia sił ciężkości i wyporu w obliczeniach (był to ciąg dalszy wspomnianego wyżej zadania 4.1.). Choć to zadanie nie należy w całości do materiału gimnazjum, to jednak główne jego elementy mieszczą się w tym zakresie, a ponadto podobny problem wystąpił na egzaminie maturalnym w ubiegłym roku. Fakt, że zdający często nie potrafili zapisać poprawnie warunku pływalności obciążonej tratwy, a nierzadko w ogóle pomijali to zadanie, jest więc trudny do wytłumaczenia.

Błędy, na które warto zwrócić uwagę, wystąpiły jeszcze w kilku innych zadaniach:

- W zadaniu 2.1. należało zapisać równanie reakcji rozpadu jądra radonu. Rozwiązujący często odczytywali z układu okresowego liczbę atomową polonu (209), nie zdając sobie sprawy z tego, że dotyczy ona jednego z izotopów tego pierwiastka – nie tego, który występował w rozpatrywanej reakcji. Aby dopasować liczby atomowe i masowe w reakcji z udziałem izotopu 209, zdający wpisywali jako produkty reakcji po kilka neutronów, protonów lub cząstek alfa, co było sprzeczne z treścią zadania. Dość często rezygnowano z próby rozwiązania tego zadania.
- Tematem zadania 9. była różnica obserwowanej wielkości efektu Dopplera w przypadku fal dźwiękowych i świetlnych. Zdający często uzasadniali tę różnicę na podstawie niedoskonałości wzroku – ten zmysł jest mało czuły na niewielkie zmiany barwy światła. Rzeczywiście, ucho wyczuwa zmiany wysokości dźwięku znacznie lepiej, ale nie to decyduje o różnicy między możliwością obserwacji efektu Dopplera dla dźwięku i dla światła.
- W zadaniach 10.1. i 10.2. – należało wykonać działania na wektorach – na poziomie graficznym w 10.1., a w 10.2. dokonując odpowiednich obliczeń. Rysunki były często wykonywane niestarannie, bez linijki, a w obliczeniach główną trudnością było zauważenie, że wektory natężenia pól dwóch ładunków mają jednakowe zwroty.
- Niski poziom wykonania (18%) wystąpił w zadaniu 11., w którym na podstawie danych doświadczalnych należało wyznaczyć temperaturę zera bezwzględnego w skali Celsjusza. Zdający podawali tablicową wartość tej temperatury  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (również  $273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), obawiając się, że otrzymany z obliczeń wynik  $-280,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  jest błędny. W poleceniu położono jednak nacisk na to, że tę temperaturę należało wyznaczyć, korzystając tylko z informacji podanych w treści zadania. Przeświadczenie, że wynik „musi być dobry za wszelką cenę”, dowodzi niezrozumienia sensu zadania doświadczalnego.
- Trudne (poziom wykonania 27%) było dla zdających także zadanie 12., które dotyczyło optyki geometrycznej, a w szczególności zastosowania prawa załamania do dwóch połączonych pryzmatów wykonanych z różnych rodzajów szkła. Trudność wynikała głównie stąd, że na rysunku zaznaczono kąty między promieniami a powierzchniami załamującymi, a nie (jak to się rysuje standardowo) kąty między promieniami a normalnymi do tych powierzchni. Do prawa załamania należało więc podstawić kąty dopełniające do  $90^{\circ}$ . Gdy podstawiano niewłaściwe kąty,

otrzymywano bezsensowne (mniejsze od jedności) współczynniki załamania, co – niestety – rzadko stawało się powodem krytycznej analizy.

## 2. Problem „pod lupą”

### Szacowanie wartości nowo wprowadzonej wielkości fizycznej i ocena otrzymanego wyniku

Umiejętność wykonywania obliczeń szacunkowych, w których dane będące do dyspozycji są niepełne, jest jedną z nowych wymagań przekrojowych wprowadzonych w podstawie programowej. Zarówno uczniom, jak i nauczycielom jej treść wydaje się często niezbyt jasna, gdyż dotąd zawsze obowiązywał ten sam standard wykonywania obliczeń. Obliczenia szacunkowe należą do innego standardu – wymagana dokładność obliczeń jest znacznie niższa, ale za to potrzebne dane zdający musi uzupełnić na podstawie własnej orientacyjnej oceny.

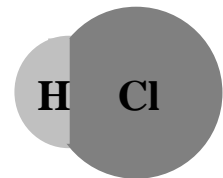
Przykładem zadania, w którym ta umiejętność była egzekwowana było zadanie 10.4. Nie było to zadanie bardzo trudne (poziom wykonania 35%), ale oceniane prace, a w szczególności błędy zdających, często zaskakiwały egzaminatorów.

#### Zadanie 10.

Dipol elektryczny to układ dwóch różnoimiennych ładunków o tej samej wartości bezwzględnej  $q$ , umieszczonych w odległości  $d$  od siebie. Momentem dipolowym  $\vec{p}$  nazywamy wektor o wartości  $p = q \cdot d$ , zwrócony od ładunku ujemnego do dodatniego.

#### Zadanie 10.4.

Przykładem dipola jest cząsteczka chlorowodoru (HCl), w której wiązanie chemiczne polega na utworzeniu wiążącej pary elektronowej przez atomy wodoru i chloru. Ujemny ładunek elektronowy jest przesunięty względem dodatniego ładunku jądrowego, co powoduje, że od strony atomu chloru cząsteczka jest naładowana ujemnie, a od strony atomu wodoru – dodatnio. Odległość pomiędzy jądrami H i Cl wynosi  $1,27 \cdot 10^{-10}$  m.



Oszacuj moment dipolowy cząsteczki HCl. Wynik podaj w debajach (D).  $1 \text{ D} = 3,3 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ .

#### Przykład 1.

$$p = q \cdot d \quad d = 1,27 \cdot 10^{-10} \text{ m} \quad 2D = 6,6 \cdot 10^{-30} \text{ C}$$

$$q = 2|e|$$

$$p = 2|e|d = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,27 \cdot 10^{-10} = 4,064 \cdot 10^{-29} \text{ C} \cdot \text{m}$$

$$p = \frac{4,064 \cdot 10^{-29}}{3,3 \cdot 10^{-30}} = 12,3 \text{ D}$$

Zdający poprawnie szacuje odległość  $d$ , ale błędnie podstawia wartość ładunku dipola równą  $2e$ , co świadczy o niezrozumieniu podanej definicji momentu dipolowego.

## Przykład 2.

$$q = 17e \quad p = q \cdot d \quad d = 1,27 \cdot 10^{-10}$$

$$p = 17e \cdot 1,27 \cdot 10^{-10} = 21,59 \cdot 10^{-10} e$$

$$p = 21,59 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-10} = 34,5 \cdot 10^{-29} \text{ C}\cdot\text{m}$$

$$p = \frac{34,5 \cdot 10^{-29}}{3,3 \cdot 10^{-30}} = 10,45 \cdot 10^{+7} = 104,5 \text{ D}$$

Mamy tu błąd podobny do poprzedniego, liczbowo jeszcze bardziej rażąco: zdający przyjmuje wartość ładunku dipola równą  $17e$  (odczytana z układu okresowego liczba atomowa dla chloru).

Pojawiały się też rozwiązania, w których do ładunku  $17e$  dodawano bądź od niego odejmowano ładunek  $1e$  dla wodoru, jakby ładunek dipola był równy sumie obu tych ładunków.

## Przykład 3.

$$p = qd$$

$$p = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,27 \cdot 10^{-10} = 2,03 \cdot 10^{-29} \text{ C}\cdot\text{m}$$

$$2,03 \cdot 10^{-29} \cdot 3,3 \cdot 10^{-30} = 6,7 \cdot 10^{-59} \text{ D}$$

Zdający poprawnie oblicza moment dipolowy w C·m, ale błędnie przelicza go na debaje. Wynik  $6,7 \cdot 10^{-59}$  D pozostawia bez komentarza, mimo że rząd wartości ( $10^{-59}$ ) jest ekstremalnie mały, z praktycznego punktu widzenia bezsensowny. Zdający powinien zrozumieć, że wyrażenie momentu dipolowego w debajach zostało wprowadzone przez fizyków nie jako czyste ćwiczenie rachunkowe, ale dla łatwiejszej interpretacji.

## Przykład 4.

$$q = 10^{-12} \text{ C} \quad p = q \cdot d \quad d = 1,27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$p = 10^{-12} \cdot 1,27 \cdot 10^{-10} = 1,27 \cdot 10^{-22} \text{ C}\cdot\text{m}$$

$$p = \frac{1,27 \cdot 10^{-22}}{3,3 \cdot 10^{-30}} = 0,38 \cdot 10^8 \text{ D} = 38000000 \text{ D}$$

Wartość ładunku  $10^{-12}$  C została bezpodstawnie zaczerpnięta z innego zadania (10.2.). Obliczenia prowadzą tym razem do rażąco dużej wartości momentu dipolowego. Tak jak w poprzednim przykładzie, brakuje refleksji nad tym zdumiewającym wynikiem, która powinna być automatyczną reakcją zdającego, nawet bez wyraźnego polecenia.

**Przykład 5.**

$$r = 1,27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$M_d = 2qr \cdot r$$

$$M_d = 2 \cdot e \cdot 17e \cdot r$$

$$M_d = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 18 \cdot 1,27 \cdot 10^{-10}$$

$$M_d = 73,15 \cdot 10^{-29} = 7,32$$

W tym rozwiązaniu skumulowało się wiele błędów: zła wartość ładunku dipola, podstawienie iloczynu ładunków do wzoru na moment dipolowy, niekonsekwencja kolejnych zapisów, brak lub błąd zamiany na debaje i brak jednostki. Próba rozwiązania jest szczególnie nieporadna i wskazuje na spore braki w umiejętnościach zdającego.

**Przykład 6.**

$$p = d \cdot |q_1| = 1,27 \cdot 10^{-10} [\text{m}] \cdot e = 1,27 \cdot 1,6 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-19} [\text{C} \cdot \text{m}] =$$

$$= 2,032 \cdot 10^{-29} [\text{C} \cdot \text{m}]$$

$$p [\text{D}] = \frac{2,032 \cdot 10^{-29}}{3,3 \cdot 10^{-30}} \approx 0,616 \cdot 10 = 6,16$$

Rozwiązanie jest dobre – na szczególną uwagę zasługuje konsekwentny zapis jednostek we wzorach pośrednich, a także w wyniku końcowym, gdzie jednostkę zapisano (nietypowo) po lewej stronie. A jednak ta praca – podobnie jak niemal wszystkie inne – zawiera pewien niewielki błąd, gdyż skoro polecenie brzmiało „oszacuj”, a nie „oblicz”, to należało ograniczyć się do jednej cyfry wartościowej. Nieuwzględnienie charakteru polecenia nie powodowało obniżenia oceny, ale należy podkreślić nieuzasadnioną dokładność.

**3. Podsumowanie**

W celu całościowej analizy wyników egzaminu łącznie ocenimy zadania należące do bardziej elementarnego obszaru wymagań ogólnych, czyli do wymagania pierwszego i trzeciego dla III etapu edukacyjnego oraz do I wymagania dla IV etapu edukacyjnego zapisanego w *Podstawie programowej* (znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie). Tak utworzona grupa liczy 7 zadań o łącznej punktacji 9 punktów, a średni poziom wykonania wyniósł dla niej 50%. Do wymagania IV\_2 (analiza tekstów popularnonaukowych i ocena ich treści) zaliczamy 5 zadań o łącznej punktacji 6 punktów. Poziom opanowania umiejętności określonej przez to wymaganie wyniósł 43% (Wykres 2. na stronie 7).

Do wymagania IV\_3 (wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków) zaliczamy 10 zadań o łącznej punktacji 25 punktów i średnim poziomie wykonania 49%, a do IV\_4 (budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk) – 9 zadań o łącznej punktacji 20 punktów i średnim poziomie wykonania 32%.

Oczywistym wnioskiem z powyższego zestawienia jest to, że zdającym jest łatwiej spełnić wymagania elementarne niż opanować umiejętności złożone. Żadne z siedmiu zadań wymienionych wcześniej jako najtrudniejsze sprawdzało poziom opanowania wymagań elementarnych (wymagania ogólnego I z III etapu edukacyjnego). Jednak różnice nie są bardzo duże i trudno jest wyciągnąć z nich jeden wniosek, np. najłatwiejsze zadanie w arkuszu (o poziomie wykonania 89%) wymagało rozpatrzenia pewnego modelu matematycznego, co na ogół bywa trudne.

Podczas przygotowywania się do egzaminu maturalnego na poziomie rozszerzonym należy pamiętać o obowiązującej zasadzie kumulatywności. Osiągnięcie sukcesu podczas egzaminu, polegającym na wysokim, przynajmniej zadowolającym wyniku jest więc opanowanie wiadomości i umiejętności wymaganych w gimnazjum – w zasadzie łatwych, ale, być może, częściowo zapomnianych. Trudno z poziomu wykonania zadania 13. (68%) wyciągnąć optymistyczny wniosek o dobrym opanowaniu umiejętności *wskazywania w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk* (wymaganie dla III etapu edukacyjnego) skoro ta umiejętność była reprezentowana przez zadanie wymagające tylko uzupełnienia danego rysunku o kilka promieni pozwalających wyznaczyć obszary cienia i półcienia. Należy raczej zwrócić uwagę na to, że aż co trzeci zdający nie potrafił poprawnie wykonać tej elementarnej czynności.

Interesujące jest porównanie poziomu wykonania zadań obliczeniowych (ilościowych) i jakościowych. Zadania z tegorocznego arkusza egzaminacyjnego można więc podzielić na takie dwie grupy. Do grupy jakościowej przypisaliśmy zadania łącznie za 27 punktów. Średnia łatwość tej grupy zadań wyniosła 46%. Grupie ilościowej przypisaliśmy 33 punkty, ze średnim poziomem wykonania 36%. Widoczne jest, że obliczenia są dla dużej grupy zdających poważną przeszkodą, a szczególnie wyraźnie się to zaznacza dla trzech zadań (10.2., 10.4. i 15.1.), w których do obliczeń wchodzi bardzo małe i bardzo duże liczby zapisane w postaci wykładniczej – tu łatwość wynosiła tylko 31%. Wniosek: ćwiczenie wykonywania złożonych obliczeń na liczbach z potęgami 10 musi być ważnym elementem przygotowania do egzaminu.

Ponadto należy pamiętać, że podczas egzaminu maturalnego sprawdzane są również umiejętności określone przez wymagania przekrojowe zapisane w *Podstawie programowej* (wykonywanie wykresów, interpolacja, szacowanie niepewności pomiaru, analiza artykułu popularnonaukowego i inne). W tegorocznym arkuszu występowało jedno zadanie (1.1.) wymagające wykonania wykresu oraz interpolacji, a także jedno (15.) – zawierające obszerny fragment artykułu. Szczególną uwagę warto zwrócić na takie właśnie zadania z materiałem popularnonaukowym, które będą się pojawiały w kolejnych arkuszach egzaminacyjnych. Zdający muszą w nich dokładnie przeanalizować tekst, w którym można znaleźć wiele wskazówek i dodatkowych informacji, ułatwiających rozwiązanie lub udzielenie odpowiedzi. Z reguły kolejne polecenia w wiązce zadań mają narastający stopień trudności. W tegorocznym zadaniu 15. pierwsze polecenie 15.1. dotyczyło standardowego obliczenia drugiej prędkości kosmicznej. Następne (15.2.) wymagało zastosowania przeczytanych informacji, kolejne (15.3.) – połączenia ich z innymi umiejętnościami, a najtrudniejsze (15.4.) – rozpatrzenia nowego problemu, tylko częściowo powiązanego z opisanym w tekście.

Należy zdawać sobie sprawę z tego, że nowa matura w stopniu mniejszym niż dotąd sprawdza pamięciową znajomość zagadnień fizyki i proste umiejętności rachunkowe, a w większym – konstruowanie logicznego rozumowania, budowanie modeli fizycznych i matematycznych oraz dochodzenie do wniosków. Wiedzę zawsze można poszerzyć i uzupełnić, korzystając z podręczników lub innych źródeł. Natomiast współczesny kandydat na studia matematyczno-fizyczne i techniczne powinien wykazywać się także krytycznym myśleniem, racjonalną oceną przedstawianych faktów i opinii oraz umiejętnością planowania eksperymentów i oceniania wyników doświadczeń, ponieważ właśnie takie umiejętności będą mu niezbędne podczas wyższych studiów.