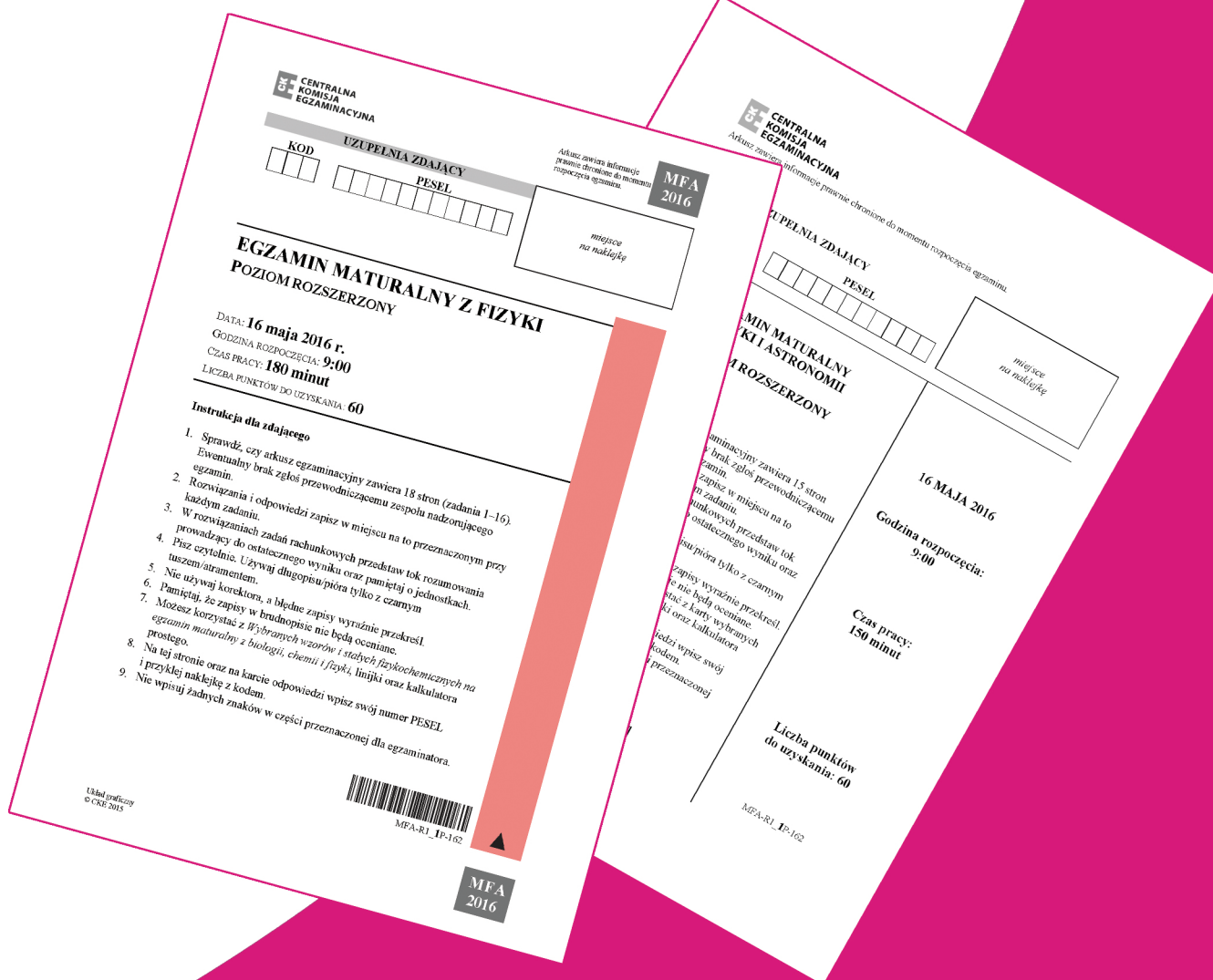


Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2016

Fizyka



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

Centralna Komisja Egzaminacyjna
ul. Józefa Lewartowskiego 6, 00-190 Warszawa
tel. 022 536 65 00, fax 022 536 65 04
e-mail: sekretariat@cke.edu.pl
www.cke.edu.pl

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 | | 21 973 |
|---|--|--------|
| Zdający rozwiązujący zadania w arkuszu standardowym | z liceów ogólnokształcących | 16 284 |
| | z techników | 5 689 |
| | ze szkół na wsi | 298 |
| | ze szkół w miastach do 20 tys. mieszkańców | 3 157 |
| | ze szkół w miastach od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców | 8 619 |
| | ze szkół w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców | 9 899 |
| | ze szkół publicznych | 21 360 |
| | ze szkół niepublicznych | 613 |
| | kobiety | 5 016 |
| | mężczyźni | 16 957 |

* Dane w tabeli dotyczą tegorocznych absolwentów.

Z egzaminu zwolniono 48 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 | 31 |
| | słabowidzący | 17 |
| | niewidomi | 0 |
| | słabosłyszący | 26 |
| | niesłyszący | 2 |
| Ogółem | | 76 |

3. Przebieg egzaminu

Tabela 3. Informacje dotyczące przebiegu egzaminu

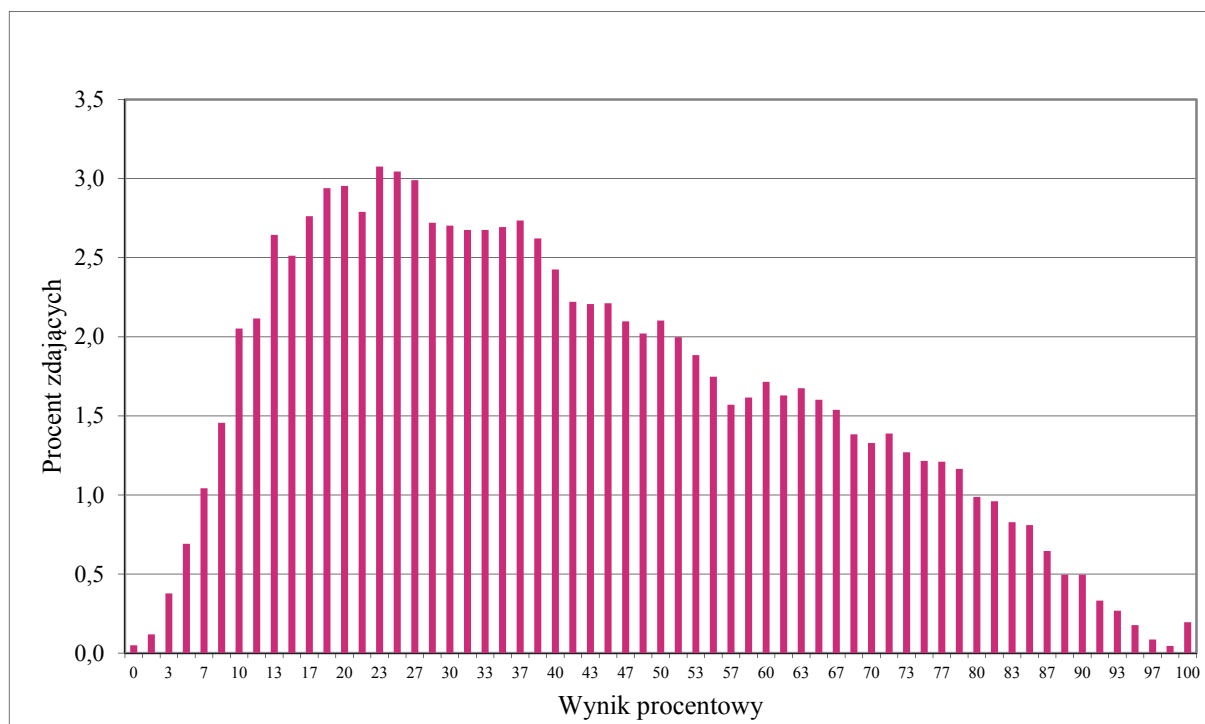
| | | | |
|--|--------------------|---|---|
| Termin egzaminu | | 16 maja 2016 | |
| Czas trwania egzaminu dla arkusza standardowego | | 180 minut | |
| Liczba szkół | | 1 965 | |
| Liczba zespołów egzaminatorów | | 26 | |
| Liczba egzaminatorów | | 470 | |
| Liczba obserwatorów ¹ (§ 8 ust. 1) | | 38 | |
| Liczba unieważnień ² | 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 | 1 |
| | 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 ² (art. 44zzz) | | 211 | |
| Liczba prac, w których nie podjęto rozwiązania zadań | | 0 | |

¹Na 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).

²Na 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 (%) |
|-----------------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| ogółem | 21 973 | 0 | 100 | 38 | 23 | 41 | 22 |
| w tym: | | | | | | | |
| z liceów ogólnokształcących | 16 284 | 0 | 100 | 45 | 37 | 47 | 21 |
| z techników | 5 689 | 0 | 95 | 20 | 13 | 24 | 16 |

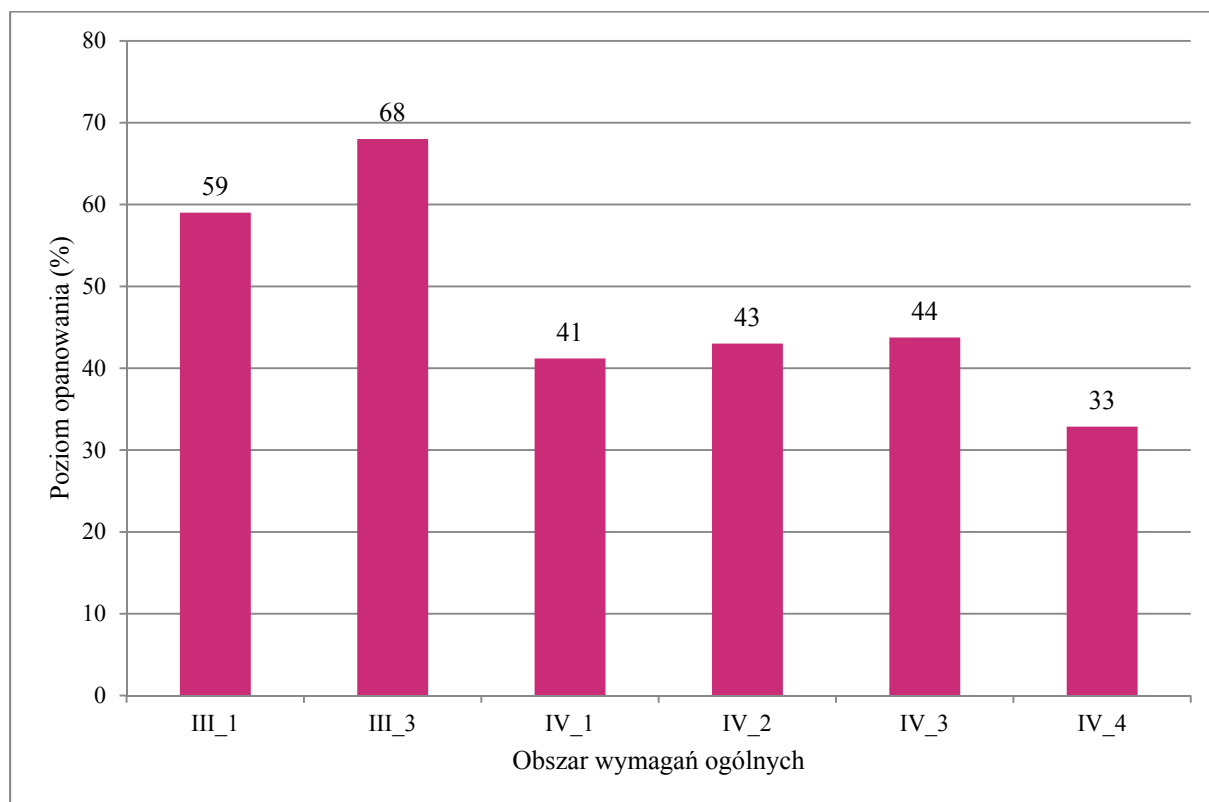
* Dane dotyczą wszystkich tegorocznych absolwentów.

Poziom wykonania zadań

Tabela 5. Poziom wykonania zadań

| Nr zad. | Wymaganie ogólne | Wymaganie szczegółowe <i>Gdy wymaganie dotyczy materiału III etapu edukacyjnego, dopisano (G), a gdy zakresu podstawowego IV etapu, dopisano (P).</i> Zdający: | Poziom wykonania zadania (%) |
|---------|------------------|--|------------------------------|
| 1.1 | III | 12.2. samodzielnie wykonuje poprawne wykresy [...]. 12.4. interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią [...], także za pomocą wykresu. | 66 |
| 1.2 | III | 3.5. stosuje zasadę zachowania energii [...] do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych. | 59 |
| 2.1 | I | 3.5 (P). opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku [...]. | 38 |
| 2.2 | IV | 3.2 (P). posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania [...]. | 19 |
| 3.1 | IV | 1.8. wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona. | 43 |
| 3.2 | I | 3.3. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. | 46 |
| 3.3 | IV | 2.9. uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii. 3.3. wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu. | 40 |
| 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. | 35 |
| 5.1 | II | 12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...]. | 55 |
| 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 przesuwają się na tle gwiazd. | 75 |
| 7 | I | 1.9 (P). opisuje [...] zasadę pomiaru odległości do najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej. | 46 |
| 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) [...]. | 19 |
| 9 | I | 6.13. opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora. | 39 |
| 10.1 | IV | 1.1. [...] wykonuje działania na wektorach. 7.2. posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego. | 27 |
| 10.2 | IV | 1.1. [...] wykonuje działania na wektorach. 7.3. oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego. | 23 |
| 10.3 | III | 7.6. przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola. | 26 |
| 10.4 | III | 12.7. szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń [...]. | 37 |
| 11 | IV | 5.2. opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną. | 20 |
| 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 [...]. | 32 |
| 14.3 | I (III etap) | 4.10 (G). posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego. | 38 |
| 15.1 | III | 4.6. wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich. | 34 |
| 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. | 39 |
| 15.4 | II | 12.8. przedstawia własnymi słowami główne tezy poznanego artykułu popularnonaukowego [...]. 3.5. stosuje zasadę zachowania energii [...] do opisu zderzeń. | 18 |
| 16 | IV | 9.12. opisuje budowę i zasadę działania prądnicy [...]. 9.13. opisuje prąd przemienny [...]. | 87 |



Wykres 2. Poziom wykonania zadań w obszarze wymagań ogólnych
(Oznaczenie np. 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 okazał się dość trudny, jednak absolwenci liceów osiągnęli średni wynik 47%, który jest nieco lepszy od zeszłorocznego (44%). Poziomy wykonania poszczególnych zadań wynosiły od 18% do 87%.

1. Analiza jakościowa zadań

Najłatwiejszymi w arkuszu (poziom wykonania powyżej 60%) okazały się zadania: 16. (87%), 6. (75%), 4.1. (69%), 13. (68%), 1.1. (66%) i 14.1. (64%). Łącznie można było za nie uzyskać 12 punktów. Najtrudniejsze (poziom wykonania poniżej 25%) były zadania 15.4. (18%), 2.2. (19%), 8.2. (19%), 11. (20%) i 10.2. (23%), a łącznie można było za nie uzyskać 8 punktów. Stanowi to jednak tylko 13% punktów możliwych do osiągnięcia i te 5 zadań wpłynęło w niezbyt dużym stopniu na całłościowy wynik egzaminu.

Najlepszy wynik zdający uzyskali w zadaniu 16., w którym należało wskazać właściwą wartość napięcia skutecznego prądu przemiennego po zwiększeniu częstotliwości obrotów wirnika. Aby wybrać jedną spośród 4 możliwości, wystarczyło zdać sobie sprawę z tego, że te dwie wielkości są do siebie proporcjonalne. W grupie najłatwiejszych zamkniętymi były także zadanie 14.1. (jakościowy opis zmian w obwodzie elektrycznym wywołanych zmianą jednego elementu) oraz – częściowo – 6. (wybór planety na podstawie dwóch obrazów nieba widzianych w pewnym odstępie czasu). Wyniki zadań zamkniętych są z reguły wyższe, gdyż można w nich dokonać dobrego wyboru „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 zamknięte. 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 tylko 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.

Przyjrzyjmy się trzem najtrudniejszym zadaniom dokładniej. Zadanie 15. zawierało opis zjawiska nieznanego uczniom – rozpędzania sondy kosmicznej polem Jowisza. Wymagało ono od zdających uważnego przeczytania i przeanalizowania tekstu, a w podpunkcie 15.4. także porównania ze zderzeniem sprężystym. Niski poziom wykonania wynika więc najprawdopodobniej 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 niskim poziomem wykonania stoi pewien dodatkowy element – w zdaniu 2. należało powiązać zmianę masy z przemianą energii spoczynkowej w kinetyczną, co bywało rozpatrywane o wiele rzadziej. Co do zadania 8.2., to główną przyczyną błędów 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. Wniosek: 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 nieznanym 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%, 39%, 55%, 58% i 37%. Jak widać, zupełnie dobrze wypadły zadania dotyczące tarcia tocznego, a pozostałe – nieco gorzej od średniej dla całego arkusza.

Trzy zadania z arkusza dotyczyły materiału przerabianego w całości w gimnazjum: 4.1., 13. i 14.3. Dwa pierwsze zostały wymienione wyżej w grupie najłatwiejszych, a ich tematem było: w zadaniu 4.1. – dorysowanie sił ciężkości i wyporu działających na tratwę, a w zadaniu 13. – narysowanie obszarów cienia i półcienia. Jednak poziom wykonania trzeciego z zadań „gimnazjalnych” – 14.3. – wyniósł tylko 38%, czyli nieco poniżej średniej dla całego arkusza. To zadanie, choć „z natury” bardzo proste (dotyczyło wpływu ciepła Joule’a na pomiar temperatury), nie było jednak typowe i popularny sposób przygotowania do egzaminu polegający na rozwiązywaniu zadań z lat poprzednich nie dawał zdającemu wielkiej korzyści. Niższy od średniej był także poziom wykonania zadania 4.2., wymagającego 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 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 w ogóle rezygnowano z próby rozwiązania.
- 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.
- Bardzo słaby poziom wykonania (20%) 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.
- Niski (27%) był także poziom wykonania zadania 12., które dotyczyło optyki geometrycznej, a w szczególności zastosowania prawa załamania do dwóch połączonych pryzmatów wykonanych z różnych rodzajów szkła. Trudność wynikła 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° . 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.

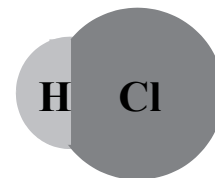
Przyjrzyjmy się bliżej zadaniu 10.4., w którym ta umiejętność była egzekwowana. Poziom wykonania tego zadania nie był szczególnie niski (37%), ale oceniane prace często zaskakiwały egzaminatorów.

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.

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

$$q = 2|e|$$

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

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

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 $6,7 \cdot 10^{-59} \text{ D}$ 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.

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

$$M_d = 2 \cdot q \cdot r$$

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

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

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

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.

$$p = d \cdot |q| = 127 \cdot 10^{-10} [\text{m}] \cdot e = 127 \cdot 1,6 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-19} [\text{C} \cdot \text{m}] =$$

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

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

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 elementarnej części wymagań ogólnych, czyli do 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, a jak widzimy z Wykresu 2. zamieszczonego na stronie 7, średni poziom wykonania wyniósł tu 43%. 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 44%, a do IV_4 (budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk) – 9 zadań o łącznej punktacji 20 punktów i średnim poziomie wykonania 33%.

Oczywistym wnioskiem z powyższego zestawienia jest to, że zdającym jest łatwiej spełnić wymagania elementarne od zaawansowanych. Żadne z pięciu zadań wymienionych wcześniej jako najtrudniejsze nie znalazło się w przedstawionej tu grupie wymagań elementarnych. Jednak różnice nie są bardzo duże i trudno jest wyciągnąć z nich jednoznaczne konkluzje, np. najłatwiejsze zadanie w arkuszu (o poziomie wykonania 87%) wymagało rozpatrzenia pewnego modelu matematycznego, co na ogół bywa trudne.

Niezbędnym krokiem w kierunku uzyskania dobrego wyniku egzaminu jest przegląd i powtórzenie materiału przerabianego w gimnazjum – w zasadzie łatwego, ale, być może, częściowo zapomnianego. Trudno z poziomu wykonania zadania 13. (68%) wyciągnąć optymistyczny wniosek o dobrym opanowaniu umiejętności *wskazywania w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk*, 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 i jakościowych. Choć kwalifikacja danego zadania czasem budziła wątpliwości, 27 punktów z arkusza przypisaliśmy do grupy jakościowej, a średnia łatwość wyniosła tu 45%. Grupie ilościowej przypisaliśmy 33 punkty, ze średnim poziomem wykonania 38%. 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 32%. Wniosek: ćwiczenie wykonywania złożonych obliczeń na liczbach z potęgami 10 musi być ważnym elementem przygotowania do egzaminu.

Ponadto niezbędne jest przeciwiczenie wymagań przekrojowych zapisanych 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 planowaniem eksperymentów i ocenianiem wyników doświadczeń, ponieważ właśnie takie umiejętności będą mu niezbędne podczas wyższych studiów.