

Fizyka i astronomia

Opis arkuszy egzaminacyjnych

Arkusze egzaminacyjne z fizyki i astronomii zostały opracowane na dwóch poziomach:

- podstawowym – Arkusz I (MFA-P1_1P-132)
- rozszerzonym – Arkusz II (MFA-R1_1P-132)

Arkusz I zawierał 20 zadań, w tym 10 zamkniętych i 10 otwartych. Sprawdzały one znajomość i rozumienie podstawowych pojęć fizycznych, definicji wielkości fizycznych, praw i zasad służących do opisu zjawisk fizycznych oraz umiejętność posługiwania się tą wiedzą w praktyce. Sprawdzały także umiejętność analizowania i interpretowania informacji zapisanych w postaci tekstu o tematyce fizycznej i astronomicznej, tabel, wykresów, schematów i rysunków. Tematyka zadań egzaminacyjnych obejmowała umiejętności z podstawy programowej. Umiejętności zostały zbadane na treściach wszystkich działów podstawy programowej. Zdający mógł uzyskać maksymalnie 50 punktów. Egzamin na tym poziomie trwał 120 minut.

Arkusz II zawierał 6 wiązek zadań otwartych sprawdzających wiedzę i umiejętności opisane w wymaganiach egzaminacyjnych dla poziomu podstawowego i rozszerzonego. Wiązki zadań w tym arkuszu sprawdzały zarówno znajomość i rozumienie terminów, pojęć, praw, procesów i zjawisk fizycznych, jak i umiejętności:

- korzystania z informacji, jej przetwarzania i interpretacji,
- dostrzegania związków przyczynowo-skutkowych między podanymi faktami,
- wnioskowania na podstawie danych,
- argumentowania swojego stanowiska.

Zdający mógł uzyskać maksymalnie 60 punktów. Egzamin na tym poziomie trwał 150 minut.

Arkusz I – poziom podstawowy

Rozdział I

Łatwe dla zdających okazały się umiejętności dotyczące korzystania z informacji oraz niektóre umiejętności posługiwania się pojęciami i wielkościami fizycznymi do opisywania zjawisk fizycznych:

- obliczanie okresu drgań wahadła matematycznego (I.1.3.a.3)
- odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie tabeli, wykresu, rysunku (II.1.b)

Umiejętności te sprawdzane były zadaniami: 14.2, 1, 5, 9.

Przykładowe zadania ilustrujące sprawdzane umiejętności

Zadanie 14. Pomiar prędkości pociągu (4 pkt)

W pociągu zawieszono małe ciężarki na niciach o różnych długościach. Koła pociągu, przejeżdżając przez złączenia szyn, powodowały wstrząsy wagonu i wychylenia ciężarków z położenia równowagi. Jeden z ciężarków wychylał się z amplitudą znacznie większą od pozostałych.

Zadanie 14.2 (1 pkt)

Wykaż, wykonując obliczenia, że okres wahań ciężarka zawieszonego na nici o długości 70 cm wynosi 1,68 s.

Sprawdzane umiejętności:

Wiadomości rozumienie. Obliczanie okresu drgań wahadła matematycznego (I.1.3.a.3)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,71	0,80	0,55

Poprawny zapis rozwiązania:

Ze wzoru na okres drgań wahadła matematycznego obliczamy $T = 2\pi \sqrt{\frac{0,7 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 1,68 \text{ s}$.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających łatwe. Najczęściej popełnianym błędem był brak zamiany długości wahadła na metry oraz błąd rachunkowy, powstający podczas obliczania pierwiastka kwadratowego. Przyczyna błędu rachunkowego jest trudna do wyjaśnienia, ponieważ zdający mają podczas egzaminu możliwość korzystania z kalkulatora prostego.

Zadanie 1. (1 pkt)

W windzie znajduje się waga łazienkowa (naciskowa), na której stoi człowiek. Zanotowano wskazania wagi podczas ruchu windy. W tabeli wybierz kolumnę, w której dane są zgodne z prawami mechaniki.

Winda	Wskazanie wagi, kg			
	A.	B.	C.	D.
rusza w górę	75	81	81	75
jedzie w górę, $v = \text{const}$	78	78	78	78
zatrzymuje się, jadąc do góry	75	81	75	81

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytanie i analizowanie informacji podanej w formie tabeli (II.1.b)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,74	0,74	0,74
Poprawny zapis rozwiązania: C		
Komentarz: Zadanie okazało się dla zdających łatwe. Trudno wnioskować, czy wskazanie poprawnej odpowiedzi jest przypadkowe, czy też zdający dobrze opanowali ruch zmienny windy.		

Rozdział II

Umiejętności posługiwania się pojęciami i wielkościami fizycznymi do opisywania zjawisk związanych z ruchem i jego powszechnością oraz energią i jej przemianami okazały się dla zdających umiarkowanie trudne. Należy tu wymienić przede wszystkim takie umiejętności jak:

- obliczanie prędkości w ruchy jednostajnym (I.1.1.a.3)
- posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej i potencjalnej (I.1.6.2)
- zastosowanie zasady zachowania energii mechanicznej (I.1.6.3)

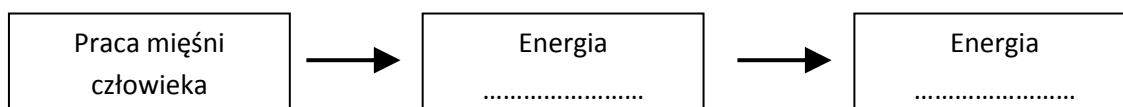
Umiejętności te były sprawdzane zadaniami: 2, 5, 7, 9, 10, 13.1, 13.2, 14.3, 16.1, 19.1

Przykładowe zadania ilustrujące sprawdzane umiejętności

Zadanie 13. Łuk (4 pkt)

Zadanie 13.1. (2 pkt)

Naciągamy cięciwę łuku i wypuszczamy strzałę. Wpisz w pustych polach nazwy rodzajów energii, tak aby diagram poprawnie opisywał przemiany energii w tym procesie.



Sprawdzane umiejętności:

Wiadomości i rozumienie. Posługiwanie się pojęciami energii kinetycznej i potencjalnej (I.1.6.2)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,63	0,63	0,63
Poprawny zapis rozwiązania: W środkowym polu wpisujemy <i>energia potencjalna sprężystości</i> (lub <i>energia sprężystości</i>). W prawym polu wpisujemy <i>energia kinetyczna</i> .		

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających umiarkowanie trudne. Najczęściej w rozwiązaniach tego zadania pojawiały się odpowiedzi niepełne. Większość zdających potrafiła wypełnić poprawnie prawe pole, zaś środkowe pozostawało puste. Mimo faktu, że zagadnienia związane z energią i jej rodzajami często pojawiają się na maturze, to wciąż są słabo opanowane przez zdających.

Zadanie 13.2. (2 pkt)

Praca wykonana przy napinaniu łuku wynosiła 150 J. Oblicz wartość prędkości strzały o masie 40 g wystrzelonej z tego łuku. Pomiń energię związaną z ruchem części samego łuku (np. cięciwy) oraz inne straty energii mechanicznej.

Sprawdzane umiejętności:

Wiadomości i rozumienie. Zastosowanie zasady zachowania energii (I.1.6.3)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,50	0,58	0,34

Poprawny zapis rozwiązania:

Z przyrównania danej pracy W do $mv^2/2$ obliczamy $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 150 \text{ J}}{0,04 \text{ kg}}} = 87 \text{ m/s}$.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających umiarkowanie trudne. Najczęściej zdający do poprawnej zależności podstawiali masę strzały w gramach, a otrzymany wynik zapisywali w m/s. Może to świadczyć o odtwórczym rozwiązywaniu zadań z fizyki.

Zadanie 14. Pomiar prędkości pociągu (4 pkt)

W pociągu zawieszono małe ciężarki na niciach o różnych długościach. Koła pociągu, przejeżdżając przez złączenia szyn, powodowały wstrząsy wagonu i wychylenia ciężarków z położenia równowagi. Jeden z ciężarków wychylał się z amplitudą znacznie większą od pozostałych.

Zadanie 14.3 (2 pkt)

Długość szyn na tym odcinku toru wynosi 25 m. Przyjmijmy, że podczas przejazdu wagonu przez złączenie szyn następował jeden wstrząs wpływający na wychylenie ciężarka, a kolejne wstrząsy następowały w odstępach czasu równych okresowi wahań ciężarka zawieszonego na nici o długości 70 cm. Wiedząc, że okres wahań tego ciężarka wynosi 1,68 s, oblicz prędkość pociągu. Wynik podaj w km/h.

Sprawdzane umiejętności:

Wiadomości i rozumienie. Obliczanie prędkości w ruchu jednostajnym (I.1.1.a.3)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,52	0,57	0,41
<p>Poprawny zapis rozwiązania:</p> <p>Z podzielenia drogi 25 m przez czas 1,68 s po przeliczeniu jednostek obliczamy prędkość równą 53,6 km/h.</p>		
<p>Komentarz:</p> <p>Zadanie dla zdających okazało się umiarkowanie trudne. Dość często w rozwiązaniach przedstawionych przez zdających pojawiała się długość wahadła zamiast długości szyn. Może to świadczyć o niezrozumieniu zagadnienia ruchu jednostajnego lub problemach z czytaniem ze zrozumieniem tekstu fizycznego. W niektórych rozwiązaniach, mimo poprawnie podstawionych wielkości fizycznych, pojawiały się błędy rachunkowe, szczególnie przy zamianie jednostki prędkości z m/s na km/h.</p>		

Rozdział III

Najtrudniejsze dla maturzystów okazały się umiejętności korzystania z informacji. Należy tu wymienić przede wszystkim takie umiejętności jak:

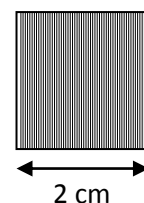
- obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)
- odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie schematu (II.1.b)
- odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie tekstu (II.1.a)

Ilustracją tych problemów są zadania: 3, 4, 6, 8, 11, 12, 14.1, 15.1, 15.2, 16.2, 16.3, 17.1, 17.2, 18, 19.2, 20.1, 20.2

Przykładowe zadania ilustrujące sprawdzane umiejętności

Zadanie 16. Szklana płytka (6 pkt)

Na płytce szklanej o szerokości 2 cm wryto stalowym ostrzem 10 000 równoległych i równoodległych bardzo cienkich linii (rys.). Na tę płytkę skierowano prostopadle wiązkę zielonego światła laserowego o długości fali $0,53 \mu\text{m}$, a na ekranie ustawionym za płytką zaobserwowano szereg plamek położonych na jednej osi.



Zadanie 16.3 (3 pkt)

Oblicz liczbę **wszystkich** plamek, jakie można obserwować na ekranie przy użyciu światła o długości fali $0,53 \mu\text{m}$, jeżeli zastosuje się opisaną płytkę.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,19	0,25	0,09
<p>Poprawny zapis rozwiązania:</p> <p>Do wzoru $n\lambda = d \sin \alpha$ podstawiamy $\sin \alpha = 1$ lub $\sin \alpha \leq 1$. Obliczamy $\frac{d}{\lambda} = \frac{2 \mu\text{m}}{0,53 \mu\text{m}} = 3,8$, stąd że $n_{\text{max}} = 3$. Zatem liczba plamek jest równa: $2n_{\text{max}} + 1 = 7$.</p>		
<p>Komentarz:</p> <p>Zadanie dla zdających okazało się bardzo trudne. W wielu pracach zdający nie podjęli próby rozwiązania tego zadania. Nie znali zależności między długością fali a stałą siatki dyfrakcyjnej. Nie potrafili połączyć liczby linii ze stałą siatki. W nielicznych próbach rozwiązania tego zadania pojawiały się wszystkie potrzebne zależności, których zdający nie potrafili połączyć. Można przypuszczać, że zdający tylko wypisywali zależności z karty wzorów. Zagadnienia optyki falowej są słabo opanowane przez zdających.</p>		

Zadanie 18. Lampa (3 pkt)

Do sprawdzania banknotów stosuje się lampę wysyłającą promieniowanie ultrafioletowe o mocy 4 W i długości fali 312 nm. Oblicz, ile fotonów wytwarza ta lampa w czasie 1 sekundy.

<p>Sprawdzane umiejętności:</p> <p>Korzystanie z informacji. Obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)</p>		
Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,15	0,21	0,03
<p>Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:</p> <p>Energia fotonu opisana jest wzorem $E = \frac{hc}{\lambda}$, zatem moc lampy równa się $P = \frac{n}{t} \cdot \frac{hc}{\lambda}$, gdzie n jest liczbą fotonów emitowanych w ciągu czasu t. Z przyrównania tego wyrażenia do danej wartości P otrzymujemy dla $t = 1 \text{ s}$</p> $n = \frac{4 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 312 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 6,3 \cdot 10^{18}$		
<p>Komentarz:</p> <p>Zadanie dla zdających okazało się bardzo trudne. W wielu pracach zdający nie podjęli próby rozwiązania tego zadania. Nie znali zależności między długością fali a energią fotonu. Nie potrafili połączyć energii fotonu z mocą lampy. W nielicznych próbach rozwiązania tego zadania pojawiały się wszystkie potrzebne zależności, których zdający nie potrafili połączyć. Zagadnienia fizyki współczesnej są opanowane przez zdających w stopniu niezadawalającym.</p>		

Zadanie 20. Elektron i pozyton (5 pkt)

Pozyton jest antycząstką elektronu, mającą masę równą masie elektronu, a ładunek równy ładunkowi elektronu co do wartości bezwzględnej i przeciwny co do znaku.

Zadanie 20.1 (2 pkt)

W efekcie zderzenia elektronu z pozytonem następuje zjawisko anihilacji, w wyniku którego te cząstki ulegają przemianie w dwa kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Oblicz łączną energię tych kwantów. Przyjmij, że prędkości obu cząstek w chwili zderzenia były niewielkie.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie tekstu (II.1.a)

Wiadomości i rozumienie. Wykorzystanie zależności $E = mc^2$ (I.1.6.a.4)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,11	0,15	0,05

Poprawny zapis rozwiązania:

Łączna energia kwantów jest równa $2mc^2$, gdzie m – masa elektronu lub pozytonu. Obliczamy $E = 2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,64 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ (lub 1,02 MeV).

Komentarz:

Zadanie dla zdających okazało się bardzo trudne. Analizując nieliczne rozwiązania można stwierdzić, że zjawisko anihilacji jest całkowicie obce zdającym. Najczęściej zdający zapisywali energię w postaci $E = mc^2$ i podstawiali do tej zależności masę protonu. Jest to kolejne zadanie z fizyki współczesnej, któremu nie sprościli zdający.

Zadanie 20.2 (3 pkt)

Oblicz wartość przyspieszenia, z jakim będą poruszać się elektron i pozyton, jeżeli znajdą się one w odległości 1 cm od siebie. Uwzględnij tylko siłę wzajemnego przyciągania elektrostatycznego tych cząstek.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)

Wiadomości i rozumienie. Wyznaczanie siły działającej na ciało w wyniku oddziaływania elektrostatycznego (I.1.2.b.1). Zastosowanie II zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał (I.1.2.b.2)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,16	0,22	0,05

Poprawny zapis rozwiązania:

Z przyrównania siły Coulomba do iloczynu masy przez przyspieszenie otrzymujemy

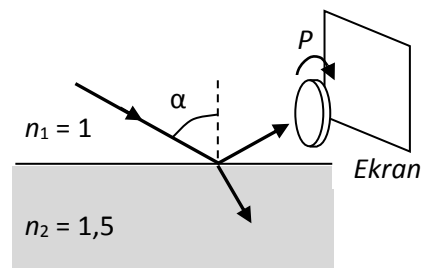
$$a = \frac{F}{m} = \frac{ke^2}{mr^2} = \frac{8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (0,01 \text{ m})^2} = 2,53 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2.$$

Komentarz:

Zadanie dla zdających okazało się bardzo trudne. W wielu pracach zdający nie podjęli próby rozwiązania tego zadania. Nie znali zależności między siłą dośrodkową i siłą Coulomba. Przedstawione rozwiązania zawierały szereg błędów merytorycznych. W obliczeniach przyspieszenia podstawiano między innymi masę protonu lub stałą Boltzmanna zamiast stałej elektrycznej. Można stwierdzić, że zagadnienie wzajemnego oddziaływania cząstek naładowanych jest bardzo słabo opanowane przez zdających.

Zadanie 17. Polaryzacja światła (3 pkt)

Na płytę szklaną pada promień światła, a światło odbite obserwuje się przez polaryzator P . Przy obrocie polaryzatora wokół osi biegnącej wzdłuż promienia odbitego następuje w pewnych momentach całkowite wygaszenie światła (nie dociera ono do ekranu).

**Zadanie 17.1 (2 pkt)**

Wykonując niezbędne obliczenia i korzystając z podanej tabeli funkcji trygonometrycznych, napisz przybliżoną wartość kąta padania światła α , dla jakiego zaobserwowano opisane wyżej zjawisko.

α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
45°	0,71	0,71	1,00	1,00
49°	0,75	0,66	1,15	0,87
51°	0,78	0,63	1,23	0,81
53°	0,80	0,60	1,33	0,75
55°	0,82	0,57	1,43	0,70
56°	0,83	0,56	1,48	0,67
57°	0,84	0,54	1,54	0,65
58°	0,85	0,53	1,60	0,62
59°	0,86	0,52	1,66	0,60
60°	0,87	0,50	1,73	0,58

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytywanie i analizowanie informacji przedstawionej w formie schematu (II.1.b)

Wiadomości i rozumienie. Obliczanie kąta Brewstera (I.1.5.d.16)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,22	0,27	0,12

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

Całkowita polaryzacja występuje dla kąta Brewstera, opisanego wzorem $\operatorname{tg} \alpha = n$. Na podstawie tabeli ustalamy, że $\alpha = 56^\circ$.

Komentarz:

Zadanie dla zdających okazało się trudne. Zdający ograniczali się tylko do zapisania zależności $\operatorname{tg} \alpha = n$. Nie potrafili precyzyjnie przeanalizować schematu, przedstawiającego zjawisko polaryzacji światła. Dość często podstawiali do zależności zamiast współczynnika załamania $n = 1,5$ jego odwrotność, co może świadczyć o braku zrozumienia zjawiska całkowitej polaryzacji. Jest to kolejne zadanie świadczące o tym, że zagadnienia optyki falowej nie są mocną stroną wiedzy i umiejętności opanowanych przez maturzystów.

Arkusz II – poziom rozszerzony

Rozdział I

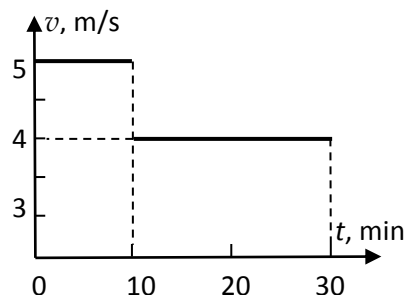
Najłatwiejsze dla zdających okazały się umiejętności posługiwania się pojęciami i wielkościami fizycznymi do opisywania zjawisk związanych z ruchem, jego powszechnością i względnością:

- obliczanie drogi w ruchu jednostajnym (PPI.1.1.a.3)
- obliczanie wartości prędkości względnej (PP.I.1.1.a.4)

Umiejętności te były sprawdzane zadaniami 1.1 i 1.2

Zadanie 1. Motorówka (9 pkt)

Na wykresie przedstawiono zależność wartości prędkości motorówki względem brzegu od czasu. Motorówka pływała wzdłuż prostoliniowego brzegu rzeki z prądem i pod prąd. Przez cały czas silnik motorówki pracował z pełną mocą i wartość prędkości motorówki względem wody była stała. Prędkość wody w rzece także była stała i mniejsza od prędkości motorówki względem wody.



Zadanie 1.1 (2 pkt)

Oblicz drogę, jaką przebyła motorówka w czasie 30 minut ruchu.

Sprawdzane umiejętności:		
Wiadomości i rozumienie. Obliczanie drogi w ruchu jednostajnym (PPI.1.1.a.3)		
Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,93	0,93	0,95

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

Mnożąc prędkość 5 m/s przez czas 10 minut = 600 s, otrzymujemy drogę 3000 m, a mnożąc 3 m/s przez 20 minut, otrzymujemy 3600 m. Całkowita droga wynosi 6600 m.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających łatwe. Najczęściej popełnianym błędem był brak zamiany czasu odczytanego z wykresu w minutach na sekundy. Dość często zdający obliczali przebytą przez motorówkę drogę jak i pole figury pod wykresem, co również dawało prawidłowy wynik.

Zadanie 1.2 (2 pkt)

Oblicz wartość prędkości motorówki względem wody.

Sprawdzane umiejętności:

Wiadomości i rozumienie. Obliczanie wartości prędkości względnej (PPI.1.1.a.4)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,80	0,81	0,64

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

Prędkość motorówki płynącej z prądem jest równa sumie prędkości motorówki względem wody v i prędkości nurtu rzeki u : $5 \text{ m/s} = v + u$. Prędkość motorówki płynącej pod prąd jest równa różnicy tych prędkości: $3 \text{ m/s} = v - u$. Po wyeliminowaniu „ u ” znajdujemy $v = 4 \text{ m/s}$.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających łatwe. Zdający znają pojęcie prędkości względnej i potrafią go stosować. Nieliczne błędne rozwiązania mogą być przykładem niewłaściwej interpretacji treści zadania lub braku prostych umiejętności rachunkowych.

Rozdział II

Umiejętność korzystania z informacji okazała się dla zdających umiarkowanie trudna. Należy tu wymienić przede wszystkim takie umiejętności jak:

- rysowanie wykresu (II.4.b)
- obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c)
- odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie schematu (II.1.b)
- uzupełnianie brakujących elementów schematu (II.2)
- odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie tekstu (II.1.a)

Zadania w tej grupie to: 1.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 4.2, 5.2, 5.3, 5.5, 6.2.

Ilustracją tych problemów mogą być zadania: 3.5, 4.2, 5.5.

Zadanie 3. Gaz doskonały (9 pkt)

Gazy rzeczywiste w pewnym zakresie parametrów można traktować jak gaz doskonały (idealny). Temperatura gazu doskonałego T jest proporcjonalna do średniej energii kinetycznej ruchu postępowego jego cząsteczek. Dla gazu doskonałego spełnione jest równanie Clapeyrona.

Informacja do zadań 3.5 i 3.6

Dla gazu rzeczywistego zamiast równania Clapeyrona stosuje się równanie van der Waalsa, które dla n moli gazu ma postać $\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right) \cdot (V - bn) = nRT$. Współczynniki a i b uwzględniają odstępstwa od modelu gazu doskonałego dla gazów rzeczywistych i zależą od rodzaju gazu, np. dla dwutlenku węgla wynoszą odpowiednio

$$a = 0,36 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^4}{\text{mol}^2} \text{ i } b = 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}.$$

Zadanie 3.5 (2 pkt)

Korzystając z równania van der Waalsa, oblicz ciśnienie 1 mola dwutlenku węgla o temperaturze 300 K, zamkniętego w zbiorniku o objętości 2 dm³.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniu znanych zależności (II.4.c)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,65	0,67	0,42

Poprawny zapis rozwiązania:

Z równania van der Waalsa obliczamy

$$p = \frac{nRT}{V - bn} - \frac{an^2}{V^2} = 1,18 \text{ MPa}.$$

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających umiarkowanie trudne. Prawie wszyscy zdający podjęli próbę rozwiązania tego zadania. Największym problemem okazało się przekształcenie podanej w treści zadania zależności do postaci umożliwiającej obliczenie ciśnienia gazu. Bardzo słabe opanowanie umiejętności matematycznych skutkowało otrzymaniem niepoprawnego wyniku wraz z jednostką. Innym błędem dość często pojawiającym się w rozwiązaniach zdających to brak zamiany jednostki ciśnienia podanego w treści zadania.

Zadanie 4. Przepływ ciepła (11 pkt)**Informacja do zadań 4.2 – 4.5**

Ilość ciepła przepływająca w czasie Δt przez ścianę o grubości d i powierzchni S , gdy różnica temperatur między powierzchniami ściany jest równa ΔT , można opisać wzorem

$$(*) \quad \Delta Q = k \cdot \frac{S}{d} \cdot \Delta t \cdot \Delta T$$

gdzie k jest współczynnikiem cieplnego przewodnictwa właściwego, zależnym od materiału ściany. Zakładamy, że temperatura każdego punktu ściany pozostaje stała w czasie.

Zadanie 4.2 (2 pkt)

Wyraź jednostkę współczynnika k występującego we wzorze (*) w jednostkach podstawowych układu SI.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie schematu (II.1.b)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,68	0,69	0,43

Poprawny zapis rozwiązania:

Przekształcamy wzór do postaci $k = \frac{\Delta Q \cdot d}{S \cdot \Delta t \cdot \Delta T}$, podstawiamy jednostki wszystkich wielkości i otrzymujemy wynik: $[k] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^3 \cdot \text{K}}$

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających umiarkowanie trudne. Można stwierdzić, że maturzyści nie znają jednostek podstawowych układu SI i nie potrafią prawidłowo przeprowadzić rachunku jednostek. Najczęściej pojawiający się błąd to nieprawidłowe przekształcanie zależności.

Zadanie 5. Agregat prądotwórczy (12 pkt)

Do zasilania urządzeń elektrycznych w miejscach pozbawionych stacjonarnych sieci elektrycznych można wykorzystać agregat prądotwórczy, w którym silnik spalinowy obraca prądnicę. Poniżej przedstawiono wybrane dane techniczne takiego agregatu:



- silnik 4-suwowy, benzynowy, o mocy $9,5 \text{ kW} = 12,9 \text{ KM}$ (koni mechanicznych)
- obroty nominalne silnika i prądnicy agregatu 3000 obr/min
- napięcie skuteczne 230 V lub 400 V (zależnie od wyboru zacisków, z których czerpiemy prąd), częstotliwość $50 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$

- maksymalna moc stała (dla długotrwałej pracy agregatu) 5,0 kW
- zużycie paliwa 2,5 l/h (litrów na godzinę) przy pobieraniu 2/3 maksymalnej mocy stałej
- poziom natężenia hałasu 70 dB (w odległości 10 m od agregatu).

Zadanie 5.5 (1 pkt)

Wykaż, że podczas pracy agregatu liczba obrotów silnika spalinowego na minutę może wynosić od 2940 obr/min do 3060 obr/min.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie tekstu (II.1.a)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,62	0,63	0,51

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

Korzystamy z informacji o wahaniach częstotliwości ($50 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$) i obrotach nominalnych agregatu (3000 obr/min). Ponieważ częstotliwość wytwarzanego prądu jest proporcjonalna do szybkości obrotów agregatu, więc z tych danych wynika maksymalna liczba obrotów 3060 obr/min i minimalna 2940 obr/min.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających umiarkowanie trudne. Najczęściej zdający posługiwali się pojęciem częstotliwości wyrażonej w hercach. Takie rozwiązania dawały poprawny wynik, ale należało otrzymaną wartość wyrazić w obr/min. Zamiany jednostek wielkości fizycznych sprawiały maturzystom problemy. Jest to przykład kolejnego zadania, w którym słabe umiejętności matematyczne nie pozwoliły zdającym otrzymać prawidłowego wyniku.

Rozdział III

Najtrudniejsze dla maturzystów okazały się umiejętności tworzenia informacji. Należy tu wymienić przede wszystkim takie umiejętności jak:

- stosowanie pojęć i praw fizycznych do rozwiązywania problemów praktycznych (III.2)
- budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3)
- formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)

Problem braku umiejętności tworzenia informacji z wykorzystaniem wiedzy i umiejętności z fizyki i astronomii pojawił się głównie w rozwiązaniach zadań: 1.4, 2.2, 4.5, 5.4.

Zadania w tej grupie to: 1.4, 2.2, 2.3, 2.5, 4.1, 4.3, 4.5, 5.4, 5.6, 5.7, 5.8, 6.3, 6.4, 6.5.

Należy nadmienić, że bardzo trudne okazało się także dla maturzystów zadanie 5.8, dotyczące obliczania wielkości fizycznych z wykorzystaniem znanych zależności (II.4.c).

Analizując rozwiązania zadań przedstawionych przez maturzystów można postawić tezę, że o stopniu trudności zadania decyduje przede wszystkim wybór zagadnienia fizycznego z podstawy programowej. I tak zjawiska fizyczne dotyczące fal akustycznych są od lat słabo opanowane przez maturzystów. Można powiedzieć, że te zagadnienia są marginalnie omawiane na lekcjach lub pomijane w procesie powtarzania i przygotowywania się maturzystów do egzaminu dojrzałości.

Ilustracją tych problemów mogą być zadania: 4.5, 6.4, 6.5, 5.8.

Zadanie 4. Przepływ ciepła (11 pkt)

Informacja do zadań 4.2 – 4.5

Ilość ciepła przepływająca w czasie Δt przez ścianę o grubości d i powierzchni S , gdy różnica temperatur między powierzchniami ściany jest równa ΔT , można opisać wzorem

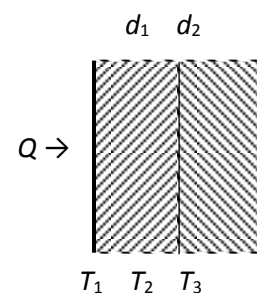
$$(*) \quad \Delta Q = k \cdot \frac{S}{d} \cdot \Delta t \cdot \Delta T$$

gdzie k jest współczynnikiem cieplnego przewodnictwa właściwego, zależnym od materiału ściany. Zakładamy, że temperatura każdego punktu ściany pozostaje stała w czasie.

Zadanie 4.5 (3 pkt)

Ściana składa się z dwóch warstw o grubościach d_1 i d_2 wykonanych z materiałów o współczynnikach cieplnego przewodnictwa właściwego równych odpowiednio k_1 i k_2 , a różnica temperatur między zewnętrznymi powierzchniami wynosi $\Delta T = T_1 - T_3$. Wykaż, że prawdziwa jest zależność

$$\Delta Q \left(\frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} \right) = S \cdot \Delta t \cdot \Delta T$$



Sprawdzane umiejętności:

Tworzenie informacji. Budowanie prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk (III.3)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,23	0,24	0,08

Poprawny zapis rozwiązania:

Zapisujemy dany wzór dla każdej warstwy:

$$\Delta Q = k_1 \frac{S}{d_1} \cdot \Delta t \cdot (T_2 - T_1) \quad \Delta Q = k_2 \frac{S}{d_2} \cdot \Delta t \cdot (T_3 - T_2)$$

Przenosimy d_1 i k_1 oraz d_2 i k_2 na lewą stronę, dodajemy oba równania stronami i dochodzimy do szukanej postaci wzoru.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających trudne. Natomiast uczniowie technikum zupełnie nie potrafili poradzić sobie z tym problemem. Najczęściej pojawiające się błędy wynikały z całkowitego niezrozumienia problemu przez zdających. Między innymi maturzyści przyjmowali różne wartości ciepła przepływającego przez ściany i błędnie interpretowali zmiany temperatury dla poszczególnych warstw, mimo że na rysunku ilustrującym problem fizyczny zmiany temperatury były wyraźnie zaznaczone.

Zadanie 6. Słońce (10 pkt)

Przypuszcza się, że Słońce powstało około 4,6 miliarda lat temu z obłoku gazu i pyłu nazywanego protogwiazdą. Po trwającym kilkadziesiąt milionów lat okresie kurczenia się obłoku Słońce stało się gwiazdą ciągu głównego. Zawartość wodoru w jądrze młodego Słońca wynosiła ok. 73%, a obecnie w wyniku ciągu reakcji termojądrowych spadła do 40%. Około 98% energii w Słońcu jest produkowane w cyklu $p-p$, w którym z czterech protonów powstaje jądro helu. Cykl ten jest wydajniejszy w temperaturach jądra gwiazdy rzędu 10^7 K, natomiast w wyższych temperaturach (występujących w gwiazdach o masach większych niż Słońce) bardziej wydajny jest cykl CNO (węglowo-azotowy). Gdy zapasy wodoru się wyczerpią, co nastąpi po kolejnych 5 mld lat, Słońce zmieni się w czerwonego olbrzyma i po odrzuceniu zewnętrznych warstw tworzących mgławicę planetarną zacznie zapadać się pod własnym ciężarem, przeistaczając się w białego karła. Następnie przez wiele miliardów lat będzie nadal stygło, stając się brązowym, a później czarnym karłem.

Zadanie 6.4 (2 pkt)

Odwołując się do budowy jąder atomowych, wyjaśnij:

- dla czego reakcje syntezy mogą zachodzić tylko w wysokich temperaturach.
- dla czego cykl CNO wymaga wyższych temperatur niż cykl $p-p$.

Sprawdzane umiejętności:

Tworzenie informacji. Formułowanie i uzasadnianie opinii i wniosków (III.5)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,17	0,18	0,09

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

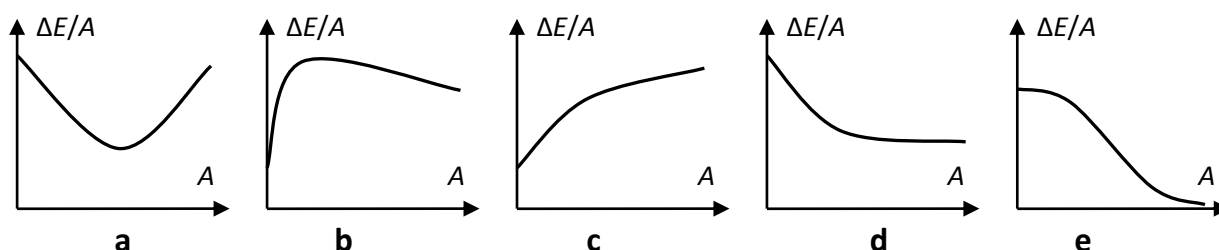
- W wysokiej temperaturze energia kinetyczna jąder jest duża, co pozwala im na pokonanie sił odpychania elektrostatycznego i połączenie się (lub zadziałania sił jądrowych).
- Odpychanie jąder o większym ładunku jest silniejsze, a jego pokonanie wymaga wyższych energii.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających bardzo trudne. Największym problemem dla zdających okazało się zagadnienie właściwej interpretacji energii wiązania jądra atomowego oraz syntezy jąder zachodzących w Słońcu. Brak umiejętności czytania tekstu ze zrozumieniem i brak elementarnej wiedzy z zakresu procesów zachodzących w gwiazdach uniemożliwił zdającym udzielenie poprawnej odpowiedzi. Dużą trudność stanowiło także dla maturzystów sformułowanie odpowiedzi w sposób prosty i jednocześnie poprawny.

Zadanie 6.5 (2 pkt)

Iloraz energii wiązania jądra atomowego ΔE przez liczbę masową jądra A nazywamy właściwą energią wiązania jądra. Wybierz i podkreśl poprawny wykres przedstawiający schematycznie zależność właściwej energii wiązania od liczby masowej jąder atomowych.



Napisz, dlaczego energię jądrową możemy uzyskiwać w procesach rozpadu jąder ciężkich i w procesach syntezy jąder lekkich.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Odczytywanie i analizowanie informacji podanej w formie schematu (II.1.b)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,37	0,38	0,19

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

- Wybór wykresu b.

Energię jądrową uzyskujemy z przekształcenia jąder słabiej związanych w jądra silniej związane.

- Wybór wykresu b.

Energię jądrową uzyskujemy z przekształcenia jąder o mniejszym deficycie masy w jądra o większym deficycie masy.

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających trudne. Badało umiejętność analizowania informacji podanej w formie wykresu. W wielu rozwiązaniach pojawiało się tylko poprawne wskazanie wykresu „b” (co wskazuje na to, że maturzyści znali zagadnienie właściwej energii wiązania jądra), natomiast nie potrafili podać poprawnej argumentacji, potwierdzającej wybór.

Nieliczne próby udzielenia odpowiedzi na pytanie postawione w zadaniu były błędne. Zagadnienia syntezy jader i ich rozpadu jest słabo opanowane przez maturzystów. Jest to kolejne zadanie, w którym zdający nie potrafią uzasadnić swojego wyboru w sposób prosty i jednocześnie poprawny.

Zadanie 5. Agregat prądotwórczy (12 pkt)

Do zasilania urządzeń elektrycznych w miejscach pozbawionych stacjonarnych sieci elektrycznych można wykorzystać agregat prądotwórczy, w którym silnik spalinowy obraca prądnicę. Poniżej przedstawiono wybrane dane techniczne takiego agregatu:



- silnik 4-suwowy, benzynowy, o mocy $9,5 \text{ kW} = 12,9 \text{ KM}$ (koni mechanicznych)
- obroty nominalne silnika i prądnicy agregatu 3000 obr/min
- napięcie skuteczne 230 V lub 400 V (zależnie od wyboru zacisków, z których czerpiemy prąd), częstotliwość $50 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$
- maksymalna moc stała (dla długotrwałej pracy agregatu) 5,0 kW
- zużycie paliwa 2,5 l/h (litrów na godzinę) przy pobieraniu $\frac{2}{3}$ maksymalnej mocy stałej
- poziom natężenia hałasu 70 dB (w odległości 10 m od agregatu).

Zadanie 5.8 (2 pkt)

Oblicz poziom natężenia hałasu w odległości 1 m od pracującego agregatu. Załóż, że dźwięk rozchodzi się jednakowo we wszystkich kierunkach.

Sprawdzane umiejętności:

Korzystanie z informacji. Obliczanie wielkości fizycznych w wykorzystaniu znanych zależności (II.4.c)

Wskaźnik łatwości zadania dla ogółu zdających	Wskaźnik łatwości zadania	
	LO	T
0,18	0,18	0,08

Przykładowy poprawny zapis rozwiązania:

Gdy odległość od źródła dźwięku zmalała 10-krotnie, natężenie fali dźwiękowej (wyrażone w W/m^2) wzrosło 100 razy. Logarytm natężenia wzrósł zatem o 2 (2 bele), co oznacza wzrost poziomu natężenia w decybelach o 20 dB. Wyniesie on zatem 90 dB (lub 9 B).

Komentarz:

Zadanie okazało się dla zdających bardzo trudne. Rozwiązania przedstawione przez maturzystów opierały się na zależności zawartej w karcie wzorów. Zawierały podstawowy błąd interpretacyjny: 10-krotna zmiana odległości od źródła dźwięku powoduje 10-krotną zmianę natężenia dźwięku. Inny poważny błąd wynikał z niewłaściwej interpretacji treści zadania, tzn. należało obliczyć poziom natężenia hałasu w odległości 1 m od agregatu przy podanym poziomie natężenia hałasu w odległości 10 m. Maturzyści natomiast obliczali poziom natężenia hałasu w odległości 100 m. Być może tylko takie zadania rozwiązywali w trakcie przygotowywania się do egzaminu dojrzałości.

Wskazówki dydaktyczne wynikające z analizy jakościowej zadań z poziomu podstawowego i rozszerzonego

Analiza zadań, zarówno na poziomie podstawowym jak i rozszerzonym, wykazała, że był to egzamin trudny. Wynika to z jednej strony z braków w przygotowaniu maturzystów, a z drugiej strony ze zmniejszenia liczby punktów, które zdający mógł uzyskać za obliczenia oraz za odpowiedzi na pytania dotyczące wiedzy pamięciowej. Mniej było też zadań typowych, pojawiających się na wcześniejszych egzaminach maturalnych.

Ważne jest, aby maturzyści, przygotowując się do egzaminu dojrzałości, zwrócili szczególną uwagę na poprawienie swoich umiejętności matematycznych w zakresie:

- przekształcania zależności i związków wynikających, np. z porównania wzorów z fizyki znajdujących się w karcie wzorów,
- prostych obliczeń matematycznych z wykorzystaniem potęg i pierwiastków,
- poprawnego rachunku jednostek.

Duże trudności sprawiło maturzystom korzystanie z informacji, a przede wszystkim:

- analizowanie informacji przedstawionych w formie tabeli, wykresów, rysunku,
- selekcjonowanie i ocena informacji,
- uzupełnianie brakujących elementów schematu.

Maturzyści, przygotowujący się do egzaminu dojrzałości, powinni zwrócić uwagę przede wszystkim na zagadnienia fizyki współczesnej, optyki falowej oraz fizyki jądrowej. Takie zagadnienia jak energia wiązania jądra, reakcje syntezy i rozszczepiania, zjawisko anihilacji, zjawisko dyfrakcji i polaryzacji światła i ich zastosowania, a także związek mocy promieniowania elektromagnetycznego z energią fotonów, mimo że często pojawiają się na maturze, są bardzo słabo opanowane przez maturzystów.

Warunkiem dobrego i skutecznego przygotowania się do egzaminu maturalnego z fizyki i astronomii jest nabycie przez maturzystów umiejętności dokonywania analizy zjawisk i procesów fizycznych oraz dostrzegania zależności przyczynowo-skutkowych, budowania modeli i formułowania wniosków w sposób prosty i jednocześnie poprawny. Abstrakcyjne myślenie i sprawne zastosowanie aparatu matematycznego do precyzyjnego opisu zjawisk fizycznych zachodzących w przyrodzie i życiu codziennym to niezbędne umiejętności potrzebne do podjęcia studiów na kierunkach technicznych.