

Ryszard Nych

**FIZYKA I ASTRONOMIA**

Maturę z fizyki i astronomii zdawało po raz pierwszy w dniu 21 maja 2010 r. 4106 osób, z tego 1805 absolwentów wybrało ten przedmiot na poziomie podstawowym (tabela 1).

Tabela1. Liczby uczniów na egzaminie maturalnym z fizyki i astronomii (przystępujący po raz pierwszy, stan 30 czerwca)

Zdający	Liczba zdających		
	RAZEM	poziom podstawowy	poziom rozszerzony
<i>OKE Wrocław</i>			
LO	3641	1409	2232
LP	37	26	11
T	425	367	58
LU	1	1	
TU	2	2	
RAZEM	4106	1805	2301
<i>Województwo dolnośląskie</i>			
LO	2999	1112	1887
LP	32	22	10
T	263	233	30
LU			
TU	1	1	
RAZEM	3295	1368	1927
<i>Województwo opolskie</i>			
LO	642	297	345
LP	5	4	1
T	162	134	28
LU	1	1	
TU	1	1	
RAZEM	811	437	374

Tabela 2. Średni wynik procentowy zdających egzamin maturalny z fizyki i astronomii

Typ szkoły	Średni wynik procentowy	
	poziom podstawowy	poziom rozszerzony
<i>OKE Wrocław</i>		
LO	47,7	53,7
LP	17,3	23,2
T	22,9	33,4
LU	20,0	
TU	15,0	
Razem	42,1	53,0
<i>województwo dolnośląskie</i>		
LO	48,0	53,3
LP	14,9	24,8
T	21,6	32,7
LU		
TU	10,0	
Razem	42,9	52,9
<i>województwo opolskie</i>		
LO	46,7	55,6
LP	30,5	7,0
T	25,1	34,2
LU	20,0	
TU	20,0	
Razem	39,8	53,9

W bieżącym roku znacznie wzrosła liczba zdających fizykę na poziomie podstawowym. O ile w ubiegłych latach była to liczba rzędu 210-230 osób, to w maju i czerwcu 2010 do egzaminu na tym poziomie przystąpiło (po raz pierwszy) 1805 osób, co oznacza prawie 9-krotny wzrost. Powodem, jak należy sądzić, jest decyzja Akademii Medycznej we Wrocławiu o uwzględnianiu podczas rekrutacji zdawania egzaminu z fizyki i astronomii na poziomie podstawowym właśnie.

Porównanie liczebności zdających po raz pierwszy w latach 2009 i 2010:

Rok	Poziom podstawowy	Poziom rozszerzony	Razem
2009	217	3497	3714
2010	1805	2301	4106

Jak zatem widać, w sumie egzamin z fizyki i astronomii zdawało w sesji 2010 roku o prawie 11% więcej niż rok wcześniej. Zdający fizykę i astronomię stanowią już prawie 12% wszystkich zdających maturę w okręgu; pięć lat temu było to około 6%.

Poniższa tabela przedstawia porównanie średnich wyników na obu poziomach w stosunku do ubiegłego roku:

Rok	Poziom podstawowy	Poziom rozszerzony
2009	35,8%	56,2%
2010	42,1%	53,0%

Tradycyjnie jak widać wyniki egzaminu na poziomie podstawowym nie przedstawiają się najlepiej. Jest co prawda o kilka punktów procentowych lepiej, co spowodowane zostało jak można przypuszczać sporą liczbą kandydatów na studia na Akademii Medycznej, którzy poprzednio zdawali egzamin na poziomie rozszerzonym. Z kolei obniżenie średniego wyniku egzaminu na poziomie rozszerzonym można byłoby interpretować jako skutek odejścia kandydatów na AM od zdawania egzaminu na tym poziomie. Tego typu przypuszczenia nie mają jednak formalnych podstaw wobec faktu słabej porównywalności samych egzaminów.

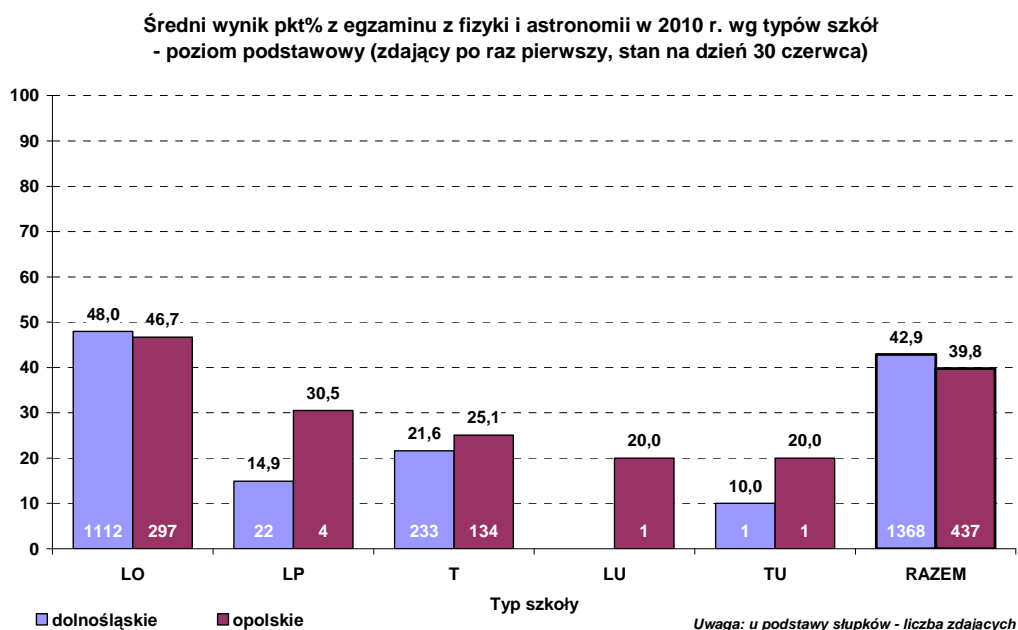


Diagram 1. Średni wynik procentowy wg typów szkół, z podziałem na województwa – poziom podstawowy

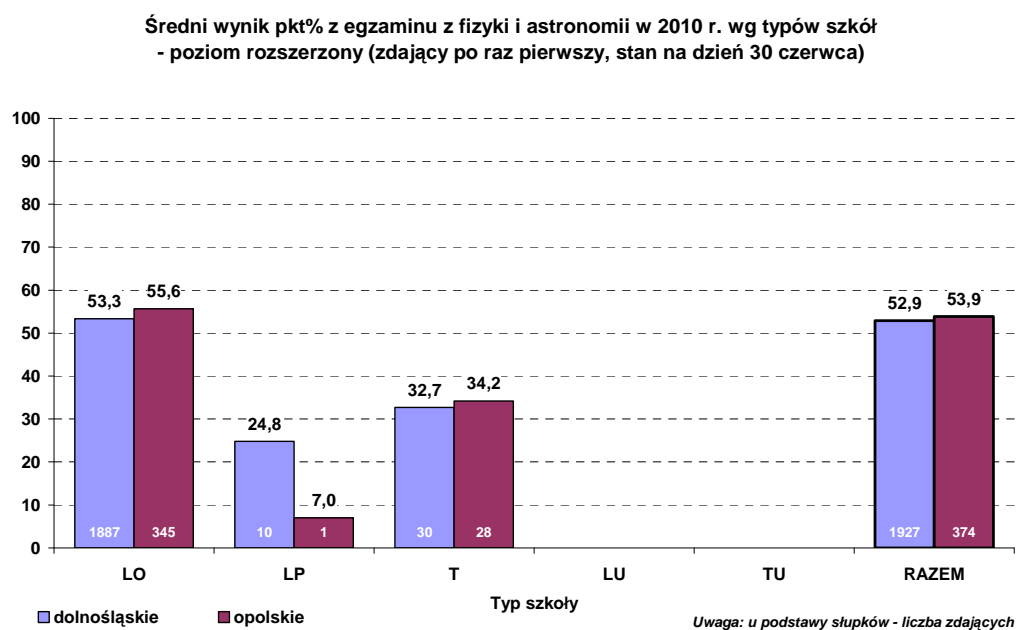


Diagram 2. Średni wynik procentowy wg typów szkół, z podziałem na województwa – poziom rozszerzony

**Komentarz****Poziom podstawowy**

Opis arkusza standardowego

Arkusz na poziomie wymagań podstawowym zawierał 18 zadań, w tym 10 zadań zamkniętych i 8 otwartych typu krótkiej odpowiedzi. Zadania otwarte zawierały w sumie 17 poleceń. Za rozwiązanie wszystkich zadań można było otrzymać 50 punktów.

Rozkład sprawdzanych umiejętności przedstawia się następująco:

STANDARD	OPIS	ZADANIA	PUNKTY
I	Wiadomości i rozumienie	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.1, 19.1, 19.2, 20.1	15
II	Korzystanie z informacji	11.2, 12, 13.1, 14.3, 15.1, 15.2, 16.1, 16.2, 17.1, 17.2, 17.3, 18.1, 18.2, 20.2	31
III	Tworzenie informacji	13.2, 14.1, 14.2	4

Jak widać najwięcej punktów można było otrzymać za umiejętność korzystania z informacji – 62% wszystkich punktów, następnie za wiadomości i rozumienie – 30% możliwych punktów i stosunkowo niewiele za standard III – tworzenie informacji – tylko 8%.

Zakres treści podstawy programowej wygląda następująco:

Obszar podstawy programowej	Zadania	Punkty
Ruch, jego powszechność i względność	1, 2, 11.1, 11.2	7
Oddziaływania w przyrodzie	7, 8, 12, 13.1, 13.2, 15.1, 15.2, 20.1, 21, 22.1, 22.2	18
Makroskopowe właściwości materii a jej budowa mikroskopowa	5	1
Porządek i chaos w przyrodzie	14.1, 14.2, 14.3	3
Światło i jego rola w przyrodzie	9, 16.1, 16.2, 17.1, 17.2, 17.3	9
Energia, jej przemiany i transport	4, 18.1, 18.2, 19.1, 19.2	7
Budowa i ewolucja Wszechświata	10	1
Jedność mikro- i makroświata	20.2	2

Zadanie 6. trudno zakwalifikować do któregośkolwiek obszaru podstawy programowej (pytanie dotyczy jednostek SI). Problem jest również w znalezieniu takiego obszaru podstawy programowej na poziomie podstawowym, do którego można by zakwalifikować zadanie 22 (ciśnienie hydrostatyczne).

Jak wynika z powyższej tabeli arkusz na poziomie podstawowym obejmował w zasadzie cały obszar podstawy programowej. Dominowały zadania z zakresu oddziaływań w przyrodzie, dotyczące światła, jego własności falowych i korpuskularnych oraz budowy atomu a także różnych rodzajów energii i ich przemian. Jest to zgodne z zakresem wiedzy realizowanym w szkołach.

**Poziom rozszerzony**

## Opis arkusza standardowego

Arkusz na poziomie rozszerzonym zawierał 6 zadań za które zdający mógł otrzymać po 10 punktów, czyli razem 60 punktów. Były to zadania o złożonej strukturze, sprawdzające zarówno różne standardy wymagań jak i różne obszary podstawy programowej. Zadania podzielone były na podpunkty i w sumie należało wykonać 34 polecenia.

Rozkład sprawdzanych umiejętności przedstawia się następująco:

Standard	Opis	Zadania	Punkty
I	Wiadomości i rozumienie	3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 5.7	7
II	Korzystanie z informacji	1.1, 1.2, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2, 2.4, 3.1, 3.6, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 6.2	33
III	Tworzenie informacji	1.4, 2.3, 2.5, 3.7, 4.4, 4.5, 6.1, 6.3, 6.4	20

Z powyższego zestawienia wynika, że dominowało sprawdzanie umiejętności ze standardu II – korzystanie z informacji – za rozwiązanie zadań sprawdzających osiągnięcie tej umiejętności można było otrzymać 55% możliwych punktów. Za rozwiązanie zadań z obszaru III – tworzenie informacji – można było otrzymać 33% punktów. Za I standard umiejętności można było otrzymać tylko 12% punktów.

Zakres treści podstawy programowej:

Obszar podstawy programowej	Zadania	Punkty
Ruch, jego powszechność i względność	5.5	1
Oddziaływania przyrodzie	1.1, 1.4	3
Makroskopowe właściwości materii a jej budowa mikroskopowa		
Obwody prądu stałego	2.1, 2.2, 3.5, 5.6,	7
Pole elektromagnetyczne	3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.6, 3.7	8
Porządek i chaos w przyrodzie	1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 2.3, 2.4, 2.5	13
Zjawiska hydrostatyczne	6.1, 6.2, 6.3, 6.4	10
Światło i jego rola w przyrodzie	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5	10
Energia, jej przemiany i transport	5.1, 5.2, 5.3, 5.4	7
Budowa i ewolucja Wszechświata	5.7	1
Jedność mikro- i makroświata		
Narzędzia współczesnej fizyki		

Jak widać, mimo iż arkusz zawiera tylko 6 zadań, to sprawdzają one większość zakresu podstawy programowej. Brakuje jednak zagadnień związanych z mikroskopowymi właściwościami materii, jedności mikro- i makroświata oraz zagadnień związanych z narzędziami współczesnej fizyki.

## Wyniki egzaminu

### Rozkłady wyników

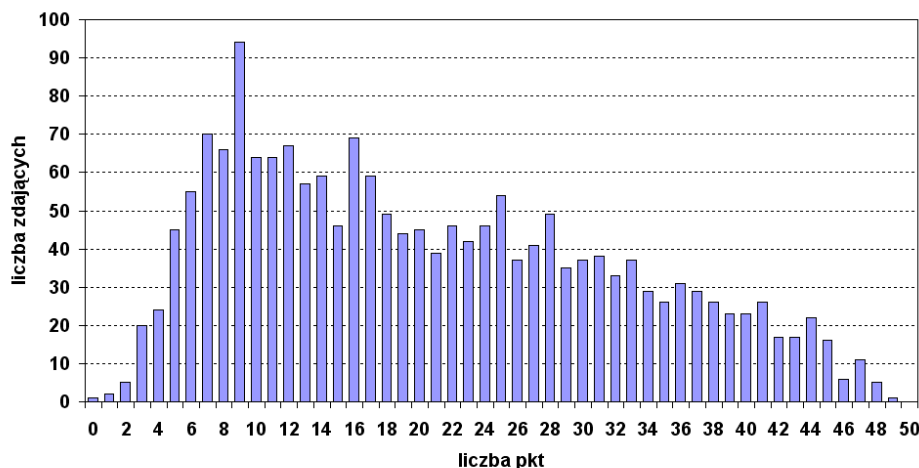


Diagram 3. Rozkład wyników arkusza podstawowego dla całej populacji zdających

Jak widać jest to dość typowy rozkład prawoskośny. Widoczna przewaga słabych wyników. Gdyby był to egzamin obowiązkowy, to około 38% zdających go nie uzyskałoby pozytywnego wyniku. Jest to wynik wyraźnie gorszy niż rok temu, gdy egzamin na tym poziomie mógł być zdawany tylko jako obowiązkowy. Niestety nie pojawiła się spodziewana (ze względu na wzrost liczby zdających egzamin na tym poziomie kandydatów na studia w Akademii Medycznej) większa liczba dobrych i bardzo dobrych wyników. Można odnieść wrażenie, że do egzaminu na poziomie podstawowym przystąpiła znaczna liczba prawie zupełnie nie przygotowanych do tego absolwentów szkół. W grupie niskich wyników lokują się absolwenci techników i liceów profilowanych, ale brak wyników bardzo dobrych jest jednak zastanawiający.

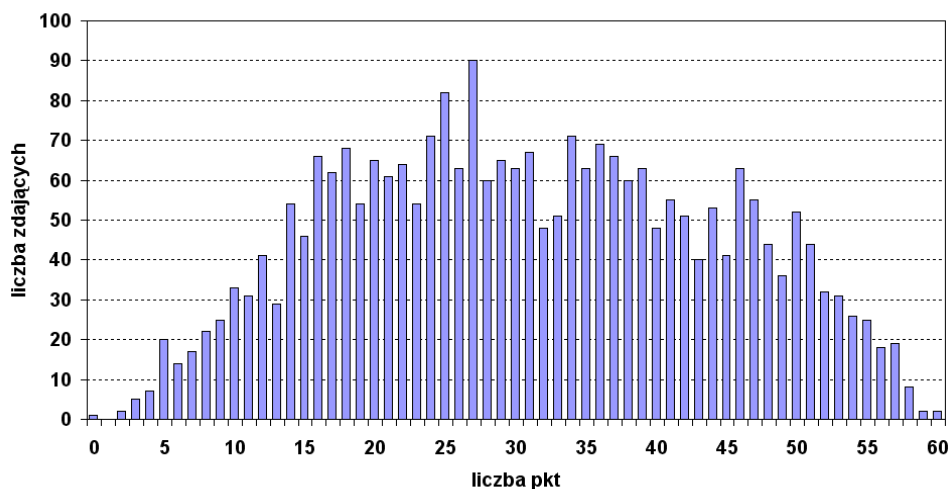


Diagram 4. Rozkład wyników arkusza rozszerzonego dla całej populacji zdających

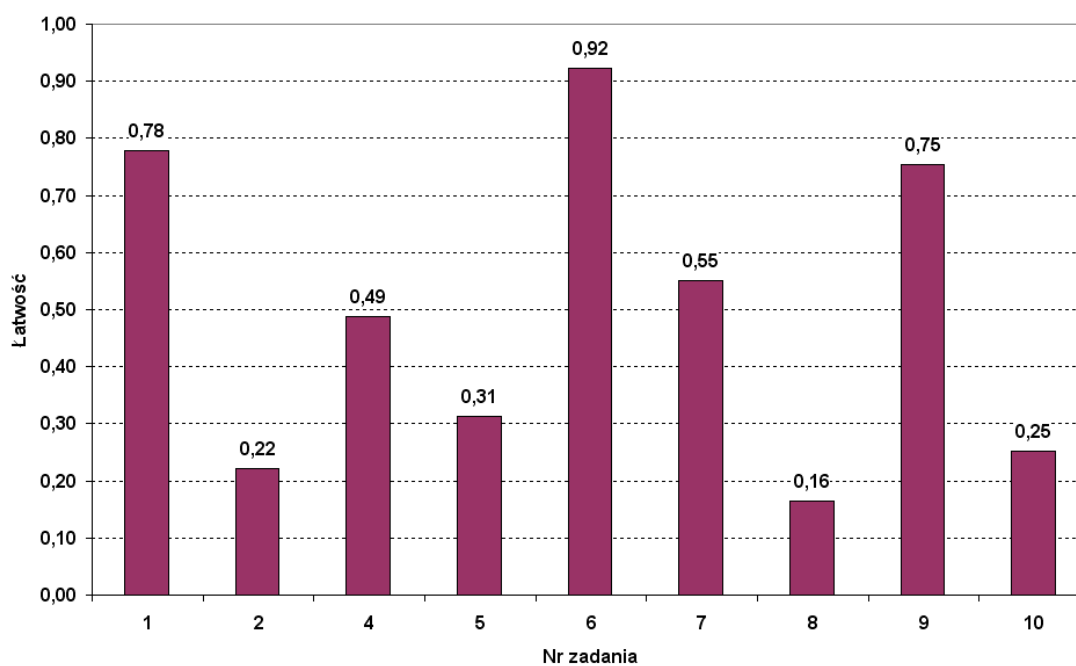
Widzimy tutaj rozkład w miarę symetryczny. Egzamin na tym poziomie zdawali głównie absolwenci liceów ogólnokształcących. Analizując wyniki absolwentów techników i liceów profilowanych należy pamiętać o tym, że siatki godzin w tych szkołach nie dają specjalnej możliwości realizowania zagadnień fizyki i astronomii na poziomie rozszerzonym.

### Łatwości zadań

Tabela 3. Łatwość zadań zamkniętych – poziom podstawowy

Numer zadania	LO	LP	T	LU	TU	Razem
1	0,80	0,69	0,71	1,00	0,00	0,78
2	0,24	0,06	0,15	0,00	0,00	0,22
4	0,56	0,26	0,22	0,00	0,00	0,49
5	0,33	0,31	0,24	1,00	0,50	0,31
6	0,94	0,69	0,88	1,00	1,00	0,92
7	0,57	0,34	0,48	0,00	0,00	0,55
8	0,17	0,20	0,15	0,00	0,50	0,16
9	0,78	0,54	0,68	1,00	0,50	0,75
10	0,27	0,17	0,17	0,00	0,00	0,25

Diagram 5. Łatwość zadań zamkniętych dla wszystkich szkół w okręgu



Jak widać najtrudniejsze okazały się zadania 2, 5, 8 i 10.

Tabela 4. Łatwość zadań otwartych – poziom podstawowy

Zadanie	Typ szkoły					Razem
	LO	LP	T	LU	TU	
11.1	0,52	0,29	0,37	1,00	0,50	0,49
11.2	0,46	0,13	0,21	0,00	0,13	0,40
12	0,61	0,11	0,31	0,00	0,00	0,54
13.1	0,36	0,03	0,09	0,00	0,00	0,30
13.2	0,54	0,04	0,17	0,00	0,00	0,45
14.1	0,32	0,00	0,07	0,00	0,00	0,27
14.2	0,61	0,11	0,28	0,00	0,00	0,54
14.3	0,44	0,09	0,14	0,00	0,00	0,37
15.1	0,66	0,37	0,42	1,00	0,50	0,61
15.2	0,39	0,10	0,09	0,00	0,17	0,33
16.1	0,35	0,03	0,05	0,00	0,00	0,29
16.2	0,29	0,02	0,05	0,00	0,00	0,23
17.1	0,39	0,03	0,05	0,00	0,00	0,32
17.2	0,57	0,09	0,18	0,00	0,00	0,48
17.3	0,35	0,06	0,11	0,00	0,00	0,29
18.1	0,72	0,49	0,54	1,00	0,50	0,68
18.2	0,39	0,09	0,09	0,00	0,00	0,33
19.1	0,61	0,07	0,19	0,00	0,00	0,52
19.2	0,46	0,14	0,16	0,00	0,00	0,39
20.1	0,80	0,60	0,70	1,00	1,00	0,77
20.2	0,41	0,07	0,07	0,00	0,25	0,34
21	0,73	0,46	0,65	1,00	1,00	0,71
22.1	0,56	0,14	0,23	0,00	0,00	0,48
22.2	0,25	0,11	0,10	1,00	0,00	0,22

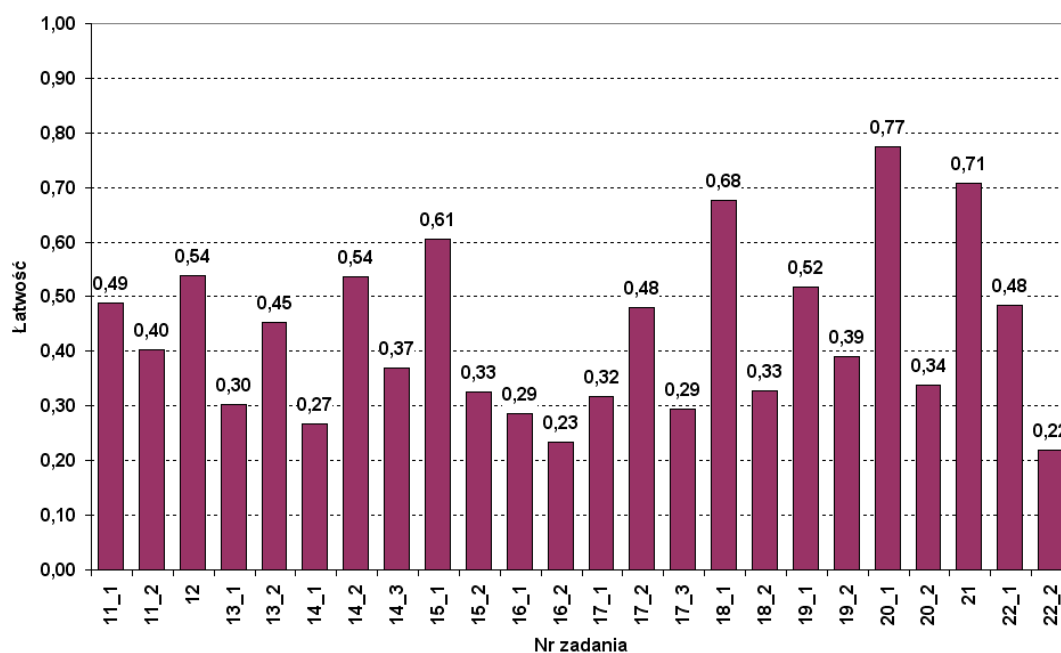


Diagram 5. Łatwość zadań otwartych – poziom podstawowy



Tabela 5. Łatwość zadań – poziom rozszerzony

Numer zadania	Typ szkoły					Razem
	LO	LP	T	LU	TU	
1.1	0,55	0,17	0,21	0,00	0,00	0,54
1.2	0,56	0,17	0,23	0,00	0,00	0,55
1.3	0,23	0,04	0,04	0,00	0,00	0,22
1.4	0,49	0,39	0,35	0,00	0,00	0,49
1.5	0,43	0,04	0,07	0,00	0,00	0,42
1.6	0,62	0,20	0,29	0,00	0,00	0,60
2.1	0,81	0,39	0,53	0,00	0,00	0,80
2.2	0,47	0,17	0,14	0,00	0,00	0,46
2.3	0,40	0,09	0,23	0,00	0,00	0,39
2.4	0,84	0,64	0,73	0,00	0,00	0,84
2.5	0,09	0,02	0,02	0,00	0,00	0,09
3.1	0,78	0,17	0,60	0,00	0,00	0,77
3.2	0,39	0,13	0,38	0,00	0,00	0,39
3.3	0,71	0,57	0,77	0,00	0,00	0,71
3.4	0,77	0,39	0,62	0,00	0,00	0,76
3.5	0,68	0,39	0,80	0,00	0,00	0,68
3.6	0,65	0,22	0,38	0,00	0,00	0,64
3.7	0,30	0,04	0,18	0,00	0,00	0,29
4.1	0,67	0,30	0,32	0,00	0,00	0,66
4.2	0,80	0,26	0,52	0,00	0,00	0,79
4.3	0,50	0,19	0,15	0,00	0,00	0,49
4.4	0,46	0,16	0,14	0,00	0,00	0,45
4.5	0,27	0,11	0,18	0,00	0,00	0,27
5.1	0,67	0,43	0,32	0,00	0,00	0,66
5.2	0,62	0,35	0,45	0,00	0,00	0,62
5.3	0,50	0,26	0,52	0,00	0,00	0,50
5.4	0,39	0,00	0,12	0,00	0,00	0,38
5.5	0,56	0,26	0,42	0,00	0,00	0,56
5.6	0,75	0,52	0,80	0,00	0,00	0,75
5.7	0,38	0,17	0,25	0,00	0,00	0,37
6.1	0,41	0,13	0,14	0,00	0,00	0,40
6.2	0,40	0,12	0,13	0,00	0,00	0,39
6.3	0,83	0,57	0,85	0,00	0,00	0,82
6.4	0,43	0,06	0,17	0,00	0,00	0,42
suma	0,52	0,22	0,32	0,00	0,00	0,51

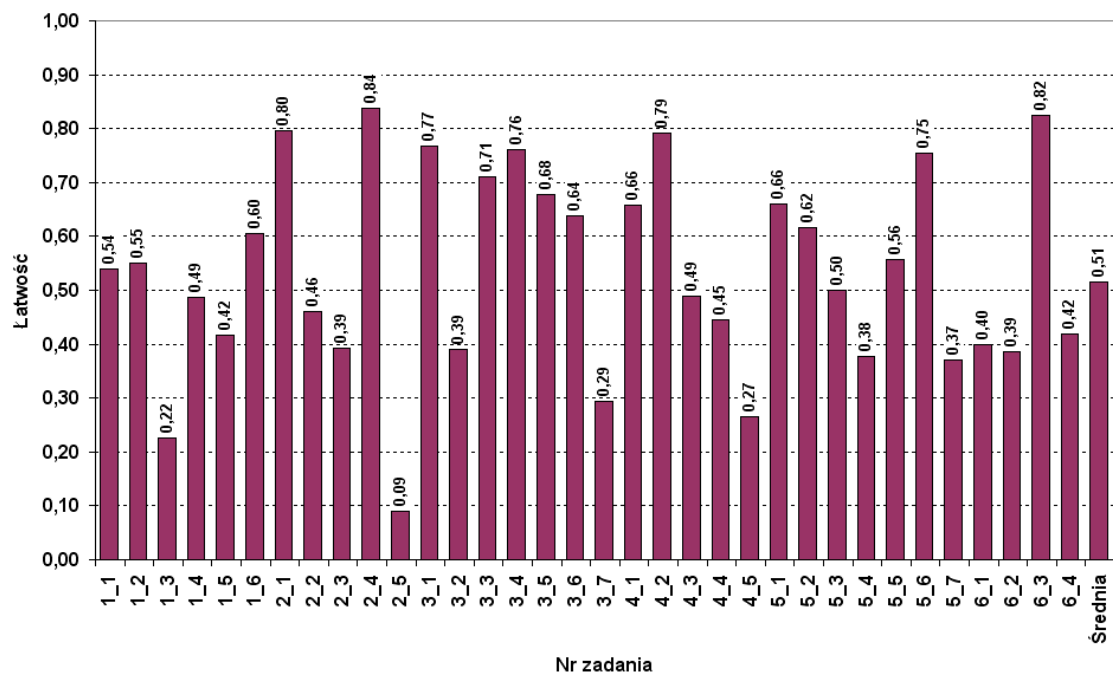


Diagram 6. Łatwość zadań – poziom rozszerzony

Jak widać wyraźnie niższą łatwość mają zadania 1.3, 2.5, 3.7, 4.5.

Analiza umiejętności sprawdzanych przez poszczególne zadania prowadzi do wniosków zaprezentowanych poniżej.

### Arkusz poziomu podstawowego

#### Zdający dobrze i bardzo dobrze:

- odróżniają tor od drogi i przemieszczenia;
- wskazują na różnice w budowie półprzewodników różnych rodzajów;
- prawidłowo wskazują na pole elektryczne jako pole przyspieszające cząstki naładowane i pole magnetyczne jako zakrzywiające tor takiej cząstki;
- wskazują miejsce na powierzchni Ziemi, w którym największy wpływ na ciężar ciał ma ruch obrotowy Ziemi.

#### Zdający nie radzą sobie lub radzą bardzo słabo z:

- wnioskowaniem o czasie spadku kilku ciał spadających;
- opisem przemian promieniotwórczych (zmiany w składzie jądra atomu);
- analizą jednoczesnego występowania oddziaływań grawitacyjnych i elektrostatycznych;
- opisem zjawiska przejścia światła przez trzy kolejne ośrodki;
- opisem sił działających na ciało poruszające się ruchem jednostajnym przy występowaniu tarcia - największym problemem jest relacja długości wektorów sił;
- wskazywaniem obszaru na wykresie  $p(V)$ , którego pole jest równe wykonanej pracy w cyklu zamkniętym;

- obliczeniami ładunku elektrycznego przy znajomości natężenia pola i odległości; największym problemem z rozwiązaniu zadania było jednak odczytanie z wykresu wartości wyrażenia  $\frac{1}{r^2}$  i uwzględnienie jej w dalszych obliczeniach;
- porównaniem energii kwantów światła o różnych długościach fali;
- wyznaczeniem maksymalnego rzędu widma otrzymywanego przy pomocy siatki dyfrakcyjnej; tutaj największym problemem było obliczenie odległości między szczelinami w siatce na podstawie liczby rys na mm;
- obliczeniem zdolności skupiającej zwierciadła – problemy występowały przy zapisie i uwzględnieniu jednostek;
- konstrukcją obrazu powstającego przy użyciu zwierciadła wklęsłego w sytuacji opisanej w zadaniu; spora część zdających rysowała zresztą soczewkę a nie zwierciadło;
- interpretacją polecenia w zadaniu (18.2), w którym należało uwzględnić w otrzymanej funkcji wartości wielkości znajdującej się na osi wykresu;
- wyjaśnieniem zjawiska wyrównywania się poziomów cieczy w naczyniach połączonych i podaniem nazwy i treści prawa opisującego to zjawisko.

### Arkusz poziom rozszerzonego

#### Zdający dobrze i bardzo dobrze:

- obliczają pracę prądu elektrycznego;
- wykonują wykresy wielkości fizycznych na podstawie danych podanych w tabeli;
- obliczają maksymalne napięcie (amplitudę) elektryczne znając jego wartość skuteczną;
- obliczają stosunek liczby zwojów transformatora przy znajomości wartości napięć pierwotnego i wtórnego;
- czytają i interpretują proste teksty;
- przewidują skutki zmiany gęstości cieczy na zanurzenie ciała pływającego w tej cieczy.

#### Zdający nie radzą sobie lub radzą bardzo słabo z:

- tworzeniem modelu zjawiska i definiowaniem nowych pojęć;
- podawaniem pełnych nazw zjawisk (pisanie tylko słowa indukcja zamiast indukcja elektromagnetyczna);
- wyjaśnianiem zjawisk w układzie elektrycznym prądu zmiennego zawierającym diodę;
- analizowaniem zjawiska pływania (głębokość zanurzenia, siła wyporu)

### Część problemowa – czy zdający rozumieją prawo Archimedesesa?

Arkusz rozszerzony zawierał dwa zadania, w których pojawiało się prawo Archimedesesa, a w szczególności zależność siły wyporu w gazie od gęstości gazu oraz zależności głębokości zanurzenia ciała pływającego w cieczy od gęstości cieczy. Były to zadania 1.4 i 6.3. Pytanie, jakie można postawić na podstawie wyników, brzmi: czy zdający rozumieją funkcjonowanie prawa Archimedesesa w każdej z opisanych w tych zadaniach sytuacji? Pojęcie „rozumienia” jest mało operacyjne – w przypadku analizowanych zadań oznacza to umiejętność przewidywania skutków wpływu zmiany ośrodka, w którym ciało się znajduje, na wartość siły wyporu.

W celu odpowiedzi na tak postawioną kwestię należało dokonać przeglądu pewnej liczby prac i porównać udzielane odpowiedzi na każde z rozważanych pytań. Oczywiście do porównania mogą być wzięte tylko takie prace, w których udzielona jest odpowiedź przynajmniej na jedno z tych pytań.

Ponieważ oba rozważane zadania punktowane są jednym punktem, a zawierają polecenie wyjaśnienia odpowiedzi, istotne jest w jaki sposób zdający uzasadniają odpowiedzi.

Dla przypomnienia, treści obu zadań są następujące:

Zadanie 1.4 (1 pkt)

Wyjaśnij, dlaczego wartość siły wyporu maleje podczas wznoszenia balonu. Przyjmij, że wartość przyspieszenia ziemskiego podczas wznoszenia balonu praktycznie nie ulega zmianie.

Zadanie 6.3 (1 pkt)

Sześcian, opisany w treści zadania, włożono do naczynia zawierającego wodę słoną. Napisz, czy zanurzenie sześcianu w słonej wodzie zmieni się w porównaniu z jego zanurzeniem w wodzie słodkiej. Odpowiedź krótko uzasadnij.

W zadaniu 1.4 analizowane były odpowiedzi pod kątem występowania odpowiedzi:

- powodem zmniejszania się siły wyporu jest malejąca gęstość powietrza (podczas wznoszenia balonu);
- powodem zmniejszania się siły wyporu jest malejące ciśnienie wokół balonu.

W rozwiązaniach zadania 6.3 analizowane było pojawianie się sformułowań (przyczyny zmiany głębokości zanurzenia w wodzie słonej w porównaniu z zanurzeniem w wodzie słodkiej):

- przyczyną jest inna gęstość słonej wody;
- przyczyną jest wzrost siły wyporu.

Poniższa tabelka przedstawia efekt analizy odpowiedzi 200 zdających. W przypadku zadania 1.4 tylko sześcioro zdających nie udzieliło w ogóle odpowiedzi. W przypadku zadania 6.3 takich zdających w analizowanej próbie nie było. Działo się tak nawet w sytuacji, gdy frakcja opuszczeń w danej pracy była wysoka. Można przyjąć, że prawie wszyscy zdający przyjmowali stan swojej wiedzy na ten temat za wystarczający, aby podjąć próbę odpowiadania.

Zadanie 1.4			Zadanie 6.3		
maleje gęstość	maleje ciśnienie	inne błędne	inna gęstość	rośnie siła wyporu	inne błędne
83	50	61	164	91	17

Jak widać z powyższej tabeli w rozwiązaniach zadania 1.4 najwięcej jest odpowiedzi prawidłowych, ale stanowią one mniej niż 50% odpowiedzi (około 41,5%). Być może pojawianie się w odpowiedziach tak dużej liczby wyjaśnień związanych z ciśnieniem wynika z faktu, że w innych punktach zadania mowa jest o zmianach ciśnienia. I stąd zdający uznali, że jest to podstawowa przyczyna zmniejszania się siły wyporu. Zgodnie jednak z równaniem Clapeyrona:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow d = \frac{p\mu}{RT} \text{ gdzie } d - \text{ to gęstość gazu.}$$

Istotnie występuje tu relacja między ciśnieniem a gęstością, ale bardzo ważną rolę odgrywa przecież temperatura gazu. Podane w tabeli 50 osób to te, które zapisały tylko: *siła wyporu maleje bo ciśnienie maleje*. Ciśnienie pojawiało się również w innych błędnych odpowiedziach.

Wśród innych błędnych odpowiedzi były takie jak:

*Sily wyporu maleją gdyż ze wzrostem wysokości nad ziemią wartości sily maleją. Im wyżej jest balon tym Ziemia mniej na niego oddziałuje a w nieskończoności sily przyjmą wartość zero.*

*Siła wyporu maleje, ponieważ zwiększa się odległość a siła jest odwrotnie proporcjonalna do odległości obiektu od Ziemi.*

*Balon się kurczy więc objętość maleje i siła wyporu maleje.*

*Balon ochładza się i ruch cząsteczek w jego środku zwalnia.*

*Siła przyciągania maleje więc siła wyporu maleje.*

*Ponieważ powietrze czym wyżej znajduje się balon jest lżejsze czyli gęstością wyrównuje się z wodorem (czyli ogrzewane powietrze w balonie także szybciej się schładza)*

*Siła wyporu maleje ponieważ zmniejsza się gęstość ( $d = m/V$ ), a trakcie wznoszenia maleje masa.*

*Siła wyporu maleje, ponieważ ciśnienie maleje:  $p = p_0 \cdot 2^{-\frac{h}{5}}$  i  $p = \frac{F}{S}$  więc  $F$  jest proporcjonalne do  $p$ .*

*Dzieje się tak, ponieważ im wyżej wznosi się balon tym mniejsze jest ciśnienie. Zmienia się ono wprost proporcjonalnie do siły wyporu.*

*Siła wyporu maleje ponieważ podczas wznoszenia spala się wodór i balon staje się lżejszy.*

*Siła wyporu maleje bo maleje objętość balonu.*

Jak widać dla części zdających ciśnienie gazu otaczającego balon jest tożsame z ciśnieniem wywieranym na jakąś powierzchnię z jednej strony. Część zdających brała pod uwagę ciśnienie wodoru w balonie, jak widać były odpowiedzi nie biorące pod uwagę podanych informacji o tym, że objętość balonu jest stała oraz wyraźnie podanej w treści informacji o tym, że wartość przyspieszenia ziemskiego nie ulega zmianie. Może wpływ na to miał fakt, że w zadaniu 1.3 należało uzasadnić zależność, z której wynikała zmiana przyspieszenia grawitacyjnego z wysokością balonu nad powierzchnią Ziemi. I to zadanie zdominowało myślenie części zdających. Przykładem może być odpowiedź:

*„Ponieważ  $F = m \cdot g \cdot \frac{R_z^2}{(R_z + h)^2}$  i skoro  $h$  rośnie a siła wyporu jest równa ciężarowi to im większe  $h$  tym mniejsza siła wyporu”.*

Przystępując do wniosków z analizy odpowiedzi na zadanie 6.3, należy zauważyć niezgodną (jak należy sądzić) interpretację pojęcia słodka woda. Dla autorów zadania jest to woda „niesłona”. I oznacza to, że słona ma większą gęstość. Okazało się jednak, że dla paru procent zdających słodka woda to woda będąca roztworem cukru. Stąd odpowiedź taka jak:

*„Zanurzenie nie zmienia się, ponieważ woda słona i słodka nie różnią się od siebie gęstością (zakładając, że wysypujemy np. tyle soli co cukru”.* Jest to oczywiście odpowiedź w pełni logiczna.

Prawidłowym wyjaśnieniem zmiany zanurzenia klocka jest stwierdzenie, że następuje zmiana gęstości cieczy, w której klocek pływa. Ponieważ siła wyporu jest dla ciała pływającego zawsze równa ciężarowi ciała, zatem musi zmienić się objętość części zanurzonej przy zmianie gęstości cieczy. Tymczasem aż 91 osób (na 200) zapisało w swoim rozwiązaniu, że następuje zmiana (lub

wzrost) siły wyporu. 20 osób spośród tych 91 zapisało tylko, że następuje zmiana siły wyporu (nie wspominając o zmianie gęstości cieczy). Pozostali stwierdzali, że następuje zmiana gęstości i zmiana siły wyporu.

Poniżej kilka przykładowych, błędnych odpowiedzi zdających:

*Zanurzenie się zmieni ponieważ sól w wodzie ma działanie wypierające.*

*Zanurzenie szóstianu zmieni się ponieważ sól ta będzie go nieznacznie wypychać na powierzchnię*

*Tak, ponieważ słona woda ma zdolności, które pozwalają na większą siłę wyporu.*

*Zanurzenie w słonej wodzie zmieni się w porównaniu z jego zanurzeniem w wodzie słodkiej gdyż przez sól panują tam inne warunki.*

*Siła wyporu to  $F_w = p \cdot g \cdot V$  gdzie  $p$  to ciśnienie,  $W$  w wodzie słonej z powodu właściwości soli i jej reakcji z wodą powstaje większa siła wyporu.*

Z analizy odpowiedzi do obu zadań (jak również z wyników całego zadania 6.) wynika, że trudno mówić o rozumieniu prawa Archimedesesa przez zdających egzamin. Być może niektórzy zdający zasugerowali się treścią zadania 1.4, gdzie należało uzasadnić zmniejszenie się siły wyporu (a więc jej zmianę) z powodu malejącej gęstości i przenieśli to na rozumowanie podczas rozwiązywania zadania 6.3. Sytuacje opisane w obu zadaniach były jednak różne – objętość balonu w zadaniu 1.4 była stała, objętość części zanurzonej dla ciała pływającego w cieczach o różnych gęstościach stała nie jest. Umiejętność odróżnienia obu sytuacji stanowi również o rozumieniu (lub nie) prawa Archimedesesa.