
Zofia MROZIŃSKA-SOBCZYK
Okręgowa Komisja Egzaminacyjna
we Wrocławiu

WDRAŻANIE NOWYCH TYPÓW ZADAŃ EGZAMINACYJNYCH ZWIĄZANYCH Z EKSPERYMENTEM Z FIZYKI DO PRAKTYKI EGZAMINACYJNEJ I SZKOLNEJ

Fizyka jest nauką eksperymentalną. Ta prawda przestała być oczywistością w szkolnym nauczaniu fizyki. Wraz z drastycznym zmniejszeniem się liczby godzin przeznaczonych na nauczanie tego przedmiotu, malała liczba wykonywanych doświadczeń. Praktyka egzaminu dojrzałości sankcjonowała tę sytuację. Stopniowo zanikały zadania związane z eksperymentem i w efekcie zestawy zadań egzaminacyjnych składały się głównie z zadań rachunkowych.

Sytuacja ta zaczęła się zmieniać pod wpływem idei programu Nowa Matura. W projektowanych zestawach egzaminacyjnych pojawiły się zadania o problematyce związanej z eksperymentem fizycznym. Reprezentatywnym przykładem jest zadanie *Bateria* zamieszczone w sylabusie z fizyki z astronomią. Warto przypomnieć kilka faktów z historii prac nad nową maturą z fizyki z astronomią, by zrozumieć skąd wzięty był pomysł wprowadzenia zadań doświadczalnych w wersji tylko teoretycznej, tj. bez wykonywania przez ucznia eksperymentu, ale wymagających analizowania podanych wyników pomiarów, obliczania na ich podstawie pewnych wielkości fizycznych, szacowania niepewności pomiarowych itp.

W 1994 r. Ministerstwo Edukacji Narodowej zainicjowało program Nowa Matura, obejmujący początkowo tylko niektóre przedmioty (język polski, matematyka, biologia, historia, języki obce). Fizycy dołączyli później. W 1997 r. wyżej wymieniony program uzyskał wsparcie ze strony projektu SMART, finansowanego przez europejski fundusz PHARE. Intensywne prace w latach 1997 – 1999 r. obejmowały szkolenia nauczycieli biorących udział w obu programach przez ekspertów brytyjskich i holenderskich (m.in. w zakresie formułowania celów egzaminów, projektowania ich struktury i sposobu organizacji). Zespół fizyków pracujący nad formułą przyszłej matury miał nadzieję, że oprócz zewnętrznej części teoretycznej, obejmować będzie ona

również część doświadczalną. W wyniku dyskusji ustalono, iż ta część będzie miała charakter egzaminu wewnętrznego. Owocem opisanych wyżej prac było napisanie projektu sylabusu do przyszłej matury i przeprowadzenie w 1998 r. pilotażowego egzaminu maturalnego w wybranych szkołach. W 1999 r. ukazała się broszura „Syllabus i egzamin pilotażowy. Fizyka 1”. W rozdziale dotyczącym eksperymentu zapisano, jakie umiejętności ucznia powinny być oceniane przez nauczycieli na różnych etapach przeprowadzania doświadczeń i opracowywania ich wyników. Niestety ostateczna wersja nowej matury nie przewidziała części wewnętrznej z fizyki.

Cały wysiłek fizyków, zmierzający do przywrócenia w nauczaniu szkolnym właściwej rangi doświadczeniom z fizyki, przyczynił się (aż lub załedwie) do umieszczenia wśród standardów egzaminacyjnych na maturę w 2002 r. zapisu standardu (trzeciego w dokumencie „Standardy wymagań egzaminacyjnych”) w brzmieniu:

„Egzamin maturalny sprawdza wiadomości i umiejętności pozwalające zdającemu:

3) stosować metody badawcze do rozwiązywania problemów:

- a) stawiać hipotezy i wskazywać sposoby ich sprawdzania,
- b) planować zestawy eksperymentalne: zaproponować przyrządy pomiarowe,
- c) analizować i szacować niepewności pomiarowe,
- d) przedstawiać wyniki badań za pomocą wykresów,
- e) budować proste modele fizyczne i matematyczne do opisu wyników badań,
- f) analizować, oceniać i wyciągać wnioski z przeprowadzonych badań”.

W związku z tym standardem pojawiła się konieczność projektowania zadań egzaminacyjnych, które przynajmniej na poziomie teoretycznym pozwalałyby sprawdzić umiejętności planowania zestawu eksperymentalnego, analizowania wyników pomiarów, szacowania ich niepewności itp.

Można postawić pytanie: do jakiego stopnia tego typu zadania doświadczalne są nowością dla nauczycieli i uczniów?

W 1999 r. mgr Ryszard Nych, ówczesny doradca metodyczny nauczycieli fizyki z DODN (poprzednio WOM) we Wrocławiu, zorganizował dla uczniów I klas szkół ogólnokształcących w dawnym województwie wrocławskim podsumowujący sprawdzian. Nazwał go „próbna matura dla klas I”, by podkreślić związek z arkuszem maturalnym opracowanym w ramach programów SMART i Nowa Matura. Celem przedsięwzięcia było rozpropagowanie nowych w formie i strukturze zadań z fizyki. Wysłano ponad 100 zawiadomień do szkół z zaproszeniem do wzięcia udziału w sprawdzianie. Odpowiedziało na nie pozytywnie około 30 szkół z dawnego woje-

wództwa wrocławskiego.

Zadanie doświadczalne dotyczyło ruchu samochodzika, z którego co sekundę spadała kropla cieczy znacząc ślady na drodze jego przejazdu. Uczeń otrzymał rysunek ze śladami kropel, który przedstawiał pięciokrotnie pomniejszony obraz rzeczywisty. Zadaniem ucznia było zmierzenie położenia śladów kropel w kolejnych sekundach ruchu, przeliczenie ich na wartości rzeczywiste, wpisanie wyników pomiarów rzeczywistych do tabeli, a następnie sporządzenie wykresu zależności położenia samochodzika od czasu. Dalsze pytania dotyczyły identyfikacji rodzajów ruchów zabawki, podania przedziałów czasowych, w jakich te ruchy miały miejsce, przedyskutowania sił działających na samochodzik w czasie ruchu oraz określenia zmienności wartości siły wypadkowej.

W 2000 r., według tej samej formuły, została przeprowadzona ponownie „próbna matura” – tym razem dla uczniów klas II. Był to jednocześnie szkolny etap wojewódzkiego konkursu z fizyki. Do tej próby przystąpiło około 25 szkół z dawnego województwa wrocławskiego, ale udało się zainteresować również szkoły dawnych województw wałbrzyskiego i legnickiego oraz województwa opolskiego – razem około 100 placówek.

Zadanie doświadczalne dotyczyło własności sprężyny. Uczeń otrzymał tabelę z wynikami pomiarów długości sprężyny zmieniającej się pod wpływem wzrastającej siły, by na jej podstawie sporządzić wykres zależności długości sprężyny od siły rozciągającej. Uwzględniając niepewności pomiaru, z jaką mierzona była długość sprężyny, miał narysować prostą najlepszego dopasowania. W kolejnych poleceniach pytany był o wartość współczynnika kierunkowego prostej (jego odwrotność to wartość współczynnika sprężystości sprężyny) oraz o początkową długość sprężyny (wyznaczaną z ekstrapolacji danych na wykresie). Następnie dla tych dwóch wielkości miał oszacować niepewności pomiarowe bezwzględne. W omawianym zadaniu niepewności pomiarów związane były z dokładnością przyrządów pomiarowych. Wyznaczane na podstawie wykresu wartości wielkości fizycznych również były obarczone pewnymi niepewnościami. Można je było wyznaczyć zaproponowaną później w sylabusie graficzną metodą szacowania maksymalnych niepewności pomiarowych.

W efekcie przedstawionych wyżej działań (dwa próbne egzaminy) prawie wszyscy uczniowie obecnych klas IV mogli zapoznać się z nowymi typami zadań i formą arkuszy egzaminacyjnych. To, czy tak się stało, zależało już tylko od aktywności dyrekcji szkół i nauczycieli fizyki. Po wydaniu sylabusu, by rozpropagować zadania

sprawdzające nowe umiejętności egzaminacyjne, OKE we Wrocławiu rozpoczęła wydawanie serii zeszytów skierowanych do nauczycieli i uczniów². Dotychczas dla fizyki z astronomią ukazały się dwa zeszyty (Zeszyt 1/2000, Zeszyt 2/2001). W obu zaprezentowane są m.in. zadania typu doświadczalnego, w których sprawdza się poszczególne umiejętności opracowywania wyników doświadczalnych takich jak: sporządzanie i dyskusja wykresów, wyznaczanie na ich podstawie szukanych wielkości fizycznych, analizowanie wyników i niepewności pomiarowych z jakimi zostały wyznaczone. W zeszytach akcentowano konieczność poprawnego sporządzania wykresów tj. odpowiedniego dobierania układu współrzędnych i skali oraz opisywania jednostek na osiach. Zwrócono uwagę na czytelność wykresu. By ją uzyskać, uczeń przed przystąpieniem do nanoszenia wyników pomiarów na wykres, powinien zapoznać się ze wszystkimi poleceniami. Wśród nich mogą znaleźć się takie, które będą np. wymagały ekstrapolacji danych. Należy o tym pamiętać planując skalę wykresu. W zeszytcie 2/2001 na przykładzie zadania ze stygnącą wodą zaprezentowana została metoda liczenia niepewności pomiarowych wielkości fizycznej złożonej, nie wyznaczanej bezpośrednio w eksperymencie. Tutaj, była ona ilorzem dwóch wielkości mierzonych bezpośrednio w doświadczeniu, o znanych bezwzględnych niepewnościach pomiarowych. Przydługie rachunki zmierzające do wyliczenia niepewności bezwzględnej szybkości stygnięcia są konieczne, gdyż zgodnie z podstawą programową z matematyki od ucznia nie można wymagać znajomości rachunku różniczkowego.

W październiku 2001 r. Okręgowa Komisja Egzaminacyjna we Wrocławiu przeprowadziła dla województw: dolnośląskiego i opolskiego próbną maturę m.in. z fizyki z astronomią. Arkusze egzaminacyjne wraz z modelowymi rozwiązaniami zadań i schematami punktowania z próbnej matury można znaleźć na stronie internetowej OKE we Wrocławiu (<http://www.oke.wroc.pl>). Zadanie doświadczalne (numer 16), jakie znalazło się w arkuszu II należało bez wątpienia do najłatwiejszych. Oto jego treść:

Stara łódź podwodna

W czasie operacji zanurzenia łodzi podwodnej odległość od dna mierzona jest sonarem z dokładnością do 1 m. Kapitan zerka na zegarek, rejestrując czas osiągnięcia

x [m]	50	40	29	20	10
t [s]	6,0	12,0	19,0	24,0	29,0

kolejnych pozycji zanurzenia. Jego obserwacje przedstawia poniższa tabelka:

gdzie: x – oznacza odległość okrętu od dna,

t – czas, w którym łódź znajduje się w określonej odległości nad dnem.

Biorąc pod uwagę nierówności dna oraz czas reakcji człowieka, kapitan przyjął, że niepewność pomiaru położenia wynosiła: $\Delta x = \pm 1$ m, a niepewność pomiaru czasu wynosiła $\Delta t = \pm 1$ s.

a) Wykonaj wykres zależności odległości okrętu od dna od czasu: na znajdującą się siatkę nanieś punkty pomiarowe i narysuj linię najlepszego dopasowania. (5 pkt.) (nie zamieszczamy tutaj siatki, która była w arkuszu egzaminacyjnym)

b) Korzystając z narysowanej prostej wyznacz średnią szybkość zanurzania okrętu. (2 pkt.)

c) Zaznacz na wykresie niepewności pomiarów i narysuj proste minimalnego i maksymalnego nachylenia. (2 pkt.)

d) Na ich podstawie oszacuj niepewność wyznaczenia średniej szybkości zanurzania okrętu. (3 pkt.)

Zarówno treść, jak i polecenia tego zadania nie powinny być sprawić problemu uczniom. Sprawdzane przez nie umiejętności były ściśle powiązane z prezentowanymi w sylabusie. Opracowanie wyników próbnej matury zostało przeprowadzone przez OKE w stosunku do uczniów z wylosowanych 40 szkół. Prace egzaminacyjne zostały sprawdzone przez nauczycieli z uprawnieniami egzaminatorów.

Zbiornicze zestawienie wyników zadania 16. z próbnej matury z fizyki z astronomią na losowej próbie szkół w regionie (156 uczniów).

Arkusz II	zadanie 16			
	a	b	c	d
maks. liczba punktów	5	2	2	3
średnia 1	3,2	0,5	0,7	0,2
średnia 2	3,4	0,5	1,0	0,5
frakcja opuszczeń	3%	9%	34%	56%
łatwość 1	65%	23%	33%	7%
łatwość 2	67%	25%	50%	17%

Legenda

średnia 1

średnia punktów otrzymana przez wszystkich uczniów

średnia 2

średnia liczona dla uczniów, którzy podjęli próbę rozwiązania zadania

frakcja opuszczeń

procent uczniów, którzy nie podjęli próby rozwiązania zadania

łatwość 1

łatwość zadania liczona dla wszystkich uczniów

łatwość 2

łatwość zadania liczona dla uczniów podejmujących próbę rozwiązania

Najlepszą średnią uzyskano za polecenie (a), jednak spora liczba uczniów nie skalowała, bądź nie opisywała osi. Zaskakująco dużo uczniów, aż 34%, nawet nie zaczęło rozwiązywać poleceń (c), co oznacza, że nie potrafiło zaznaczyć na wykresie niepewności pomiarowych, z jaką były mierzone czas i odległość łodzi od dna, oraz poprawnie narysować prostych o minimalnym i maksymalnym nachyleniu. 56% uczniów nie podjęło próby szacowania niepewności pomiarowej, z jaką została wyznaczona szybkość zanurzania się łodzi (polecenie d). Łatwość tego polecenia, którego rozwiązania podjęło się 44% uczniów, była bardzo niska – 17%, co oznacza, że naprawdę nieliczni opanowali umiejętność szacowania maksymalnej niepewności pomiarowej.

Na koniec bardziej ogólna refleksja dotycząca poziomu wymagań dla absolwentów szkoły średniej odnośnie szacowania niepewności pomiarowych. Zagadnienie to zostało poruszone w artykule, który ukazał się w ostatnim numerze *Postępów Fizyki*³. Wymagania egzaminacyjne z sylabusu odnoszące się do szacowania niepewności pomiarowych przedstawione są jako typowy przykład rachunków odwołujących się do deterministycznej teorii niepewności maksymalnej. Międzynarodowa Norma Oceny Niepewności Pomiaru przyjmuje jednak tzw. podejście statystyczne, nieosiągalne dla ucznia szkoły średniej ze względu na zbyt wysokie wymagania matematyczne. A. Zięba konkluduje: Biorąc pod uwagę realia należy zrezygnować z nauczania w szkołach średnich jakiegokolwiek sformalizowanego rachunku niepewności pomiaru. Nie powinno to chyba jednak oznaczać rezygnacji z wdrażania w szkolnej praktyce modelu niepewności maksymalnej, który ma tę zaletę, iż jest niesformalizowany, graficzny i odwołujący się do dobrej intuicji.

Przypisy

1. MEN, 1999, Warszawa.
2. *Materiały pomocnicze dla nauczycieli i uczniów*, Wydawnictwo Continuo.
3. Zięba A., *Natura rachunku niepewności a jego nowa kodyfikacja*, *Postępy Fizyki* tom 52, zeszyt 5, s. 238.