

---

Ryszard NYCH  
Okręgowa Komisja Egzaminacyjna  
we Wrocławiu

## WDRAŻANIE NOWYCH ZADAŃ DO PRAKTYKI SZKOLNEJ I EGZAMINACYJNEJ

Nowy typ zadania z fizyki. Co to takiego? Czym ma się różnić od dobrze znanych, znajdujących się w wielu zbiorach zadań?

Typowe zadanie dotyczące ruchu po okręgu przybiera najczęściej następująca postać (jak w zbiorze zadań S. U. Gonczarenko, wielokrotnie wydawanym w Polsce, również w innych zbiorach zadań):

Jaka powinna być prędkość motocyklisty, aby mógł on jeździć po wewnętrznej stronie pionowego walca („beczka śmierci”) po poziomym zamkniętym okręgu, jeżeli podczas jazdy po poziomej powierzchni o tym samym współczynniku tarcia poślizgu minimalny promień obrotu przy prędkości  $v_1 = 20 \text{ km/h}$  wynosi  $R = 5,5 \text{ m}$ . Promień walca wynosi  $r = 6 \text{ m}$ .

Większość uczniów, którzy mieli okazję rozwiązywać takie zadanie po raz pierwszy, po chwili zastanowienia odkłada zadanie, uznając, że nie wiadomo o co w nim chodzi, albo zagląda do znajdujących się na końcu zbioru rozwiązań. Po „przerobieniu” (czasami nauczeniu się rozwiązań na pamięć) kilku takich zadań, uczniowie potrafią oczywiście rozwiązać prawie wszystkie tego typu.

Problem (dla nauczyciela) powstaje wtedy, gdy sprawdza rozwiązanie tego zadania i ma je ocenić. Okazuje się, że ścieżki rozwiązań są różne, trudno w sposób porównywalny oceniać rozwiązania zaproponowane przez różnych uczniów. Zadania takie są zresztą najczęściej albo rozwiązane prawie do końca, albo nie są rozwiązane. Czy można na tej podstawie wnioskować, że uczeń nic nie umie?

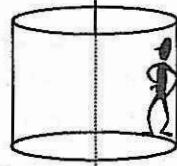
Nowoczesne nauczanie powinno być nastawione na cele, definiowane jako opis umiejętności ucznia. Aby rozwiązać przedstawione wyżej zadanie, trzeba oczywiście dysponować kilkoma przynajmniej umiejętnościami. Jakich umiejętności zabrakło uczniowi, który nie przystąpił do rozwiązania zadania? Czy tej potrzebnej na początku? Tego nie wiemy.

Wyjściem z sytuacji może być takie zredagowanie zadania, aby poszczególne umiejętności były sprawdzane poprzez oddzielne polecenia. Przykładem może być zadanie „Wirujący pokój”. Uczniowie obecnych klas IV mogli się z nim zetknąć w klasie I wiosną 1999 roku. Zaproponowałem szkołom średnim dawnego województwa wrocławskiego udział w konkursie fizycznym, którego eliminacje szkolne nazwałem „próbną maturą z fizyki dla klas I”.

### Wirujący pokój

W lunaparku wykonano okrągły pokój o promieniu 2 m, który może wirować wokół pionowej osi przechodzącej przez jego środek. Atrakcja polega na tym, że człowiek, który stanie przy ścianie tego pokoju, może utrzymać się w pozycji pionowej nawet wtedy, gdy zostanie usunięta podłoga.

1. Na rysunku znajdującym się obok narysuj i nazwij wektory sił działających na człowieka utrzymującego się przy ścianie.
2. Podaj warunek, jaki musi być spełniony, aby człowiek nie ześlizgnął się ze ściany? (używaj oznaczeń z rysunku)
3. Która z narysowanych przez Ciebie sił pełni rolę siły dośrodkowej?
4. Pokój obraca się wokół osi, wykonując 1 obrót na sekundę. Oblicz wartość siły dociskającej człowieka o masie 80 kg do ściany.
5. Czy człowiek utrzyma się przy ścianie? Odpowiedź uzasadnij obliczeniami. Współczynnik tarcia przyjmij równy 0,2 a przyspieszenie  $g=10 \text{ m/s}^2$ .



Takie sformułowanie poleceń w zadaniu ułatwia uczniowi jego rozwiązanie. Uczeń może wykonać pierwsze polecenie, zastanowić się nad następnym i dalej rozwiązywać zadanie. Nauczyciel ma możliwość stwierdzenia, jakich umiejętności zabrakło uczniowi, aby rozwiązać zadanie w całości. Byłoby oczywiście dobrze, aby brak umiejętności rozwiązania pierwszego punktu (lub pomyłka rachunkowa w pierwszym punkcie) nie blokowała możliwości wykonywania dalszych poleceń. Nie zawsze jest to niestety możliwe.

Przykładem prostego zadania, w którym zastosowałem zasadę niezależności pytań i poleceń jest zadanie – „Grawitacja i jabłko” (problem nie jest oczywiście oryginalny; można go znaleźć w różnych podręcznikach lub zbiorach zadań). Uczniowie prawie całego Dolnego Śląska i Opolszczyzny mieli okazję zetknąć się z nim wiosną 2000 roku – była to tzw. próbna matura dla uczniów klas II.

### Grawitacja i jabłko

Załóżmy, że Księżyc krąży wokół Ziemi po kołowej orbicie o promieniu 384 tysiące

kilometrów. Okres obiegu trwa 27 dni, 7 godzin i 43 minuty czyli 39343 minuty.

1. Wykaż, wykonując odpowiednie obliczenia, że przyspieszenie dośrodkowe Księżyca ma wartość około  $0,0027 \text{ m/s}^2$ .

Izaak Newton (podobno obserwując spadające jabłko) doszedł do wniosku, że czynnik (siła) powodujący spadanie jabłka jest tym samym czynnikiem, który powoduje ruch Księżyca wokół Ziemi. Wartość tej siły (nazwanej siłą grawitacji) jest zdaniem Newtona odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości pomiędzy środkiem Ziemi a ciałem (jabłkiem lub Księżycem).

2. Udowodnij, że wartość przyspieszenia dośrodkowego podana w poprzednim punkcie, jest zgodna z powyższą hipotezą. Przyjmij długość promienia Ziemi równą 6371 km i wartość przyspieszenia grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi równą  $9,8140 \text{ m/s}^2$ .

Uczeń może nie umieć rozwiązać pierwszego polecenia, ale podana w nim wartość przyspieszenia dośrodkowego pozwala mu na prawidłowe rozwiązanie polecenia drugiego. Zadań tego typu było więcej w zestawach konkursowych w latach 1998–2000.

Polecenie drugie w zadaniu dotyczy pewnego novum w polskim nauczaniu, mianowicie standardów wymagań. Standard 4 na liście standardów wymagań brzmi:

4) Egzamin maturalny sprawdza wiadomości i umiejętności pozwalające zdającemu: Samodzielnie formułować i uzasadniać opinie i sądy na podstawie posiadanych i podanych informacji:

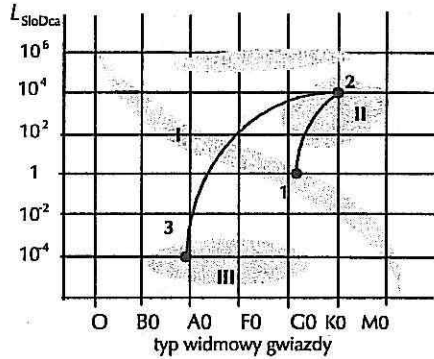
- a) interpretować i przetwarzać dane zapisane w postaci tabel, wykresów i diagramów,
- b) dokonać krytycznej selekcji informacji oraz prezentować i uzasadniać własne poglądy.

Praktyka nauczania fizyki nie znała tego typu zadań lub występowały one sporadycznie. Pracując w programie Nowa Matura podczas przygotowywania zestawu zadań do sylabusu z fizyki z astronomią testowałem następujące zadanie:

#### Ewolucja gwiazdy

Poniższy rysunek przedstawia diagram Hertzsprunga–Russella, a tabela – temperatury powierzchniowe gwiazdy o danym typie widmowym. Na osi pionowej diagramu podany jest stosunek mocy promieniowania gwiazdy  $L$  do mocy promieniowania Słońca  $L_{\odot}$ . Moc ta jest proporcjonalna do pola powierzchni gwiazdy i zgodnie z prawem Stefana i Boltzmanna ( $E = \sigma T^4$  gdzie  $E$  oznacza ilość energii emitowanej w danej temperaturze z jednostki powierzchni ciała w jednostce czasu) do czwartej

Typ widmowy	Temperatura powierzchni
B0	25 000 K
A0	11 000 K
F0	7 500 K
G0	6 000 K
K0	5 000 K
M0	3 500 K



potęgi temperatury powierzchni gwiazdy.

Typy widmowe gwiazd ustawione w kolejności O, B, A, F, G, K, M tworzą ciąg z malejącymi temperaturami. Typy pośrednie oznacza się dodatkowym wskaźnikiem cyfrowym, na przykład A0, A1, A2, ... do A9, następnie F0, F1, itd.

1. Jaką temperaturę ma gwiazda o typie widmowym G8? Załóż liniową zależność typu widma od temperatury w obszarze pomiędzy dwoma kolejnymi głównymi typami widmowymi.

Na diagramie Hertzsprunga-Russella (H-R) można przedstawić drogi ewolucji gwiazd. Punkt oznaczony 1 to obecne położenie Słońca. Ma ono temperaturę na powierzchni ok. 5800 K.

2. Jak zmienia się rozmiary Słońca w stosunku do obecnych, przy założeniu, że znajdzie się ono w wyniku ewolucji w punkcie 2?

Tematyka tego zadania jest zupełnie obca uczniom. Podczas testowania wielu nie podejmowało nawet próby rozwiązywania tego zadania. Jednakże ci, którzy się na to odważyli, najczęściej rozwiązywali je przynajmniej częściowo. Wszystkie informacje potrzebne do rozwiązania tego zadania znajdują się w tekście. Trzeba jednak przeanalizować treść zadania, odczytać informacje w tekście, tabeli i na diagramie i można przystąpić do rozwiązywania. Oczywiście trzeba również rozumieć np. informację dotyczącą liniowej zależności. Uczniowie z liceum w Lubaniu Śląskim napisali w ankiecie: zadanie bardzo nam się podobało, bo wymagało myślenia, a nie pamiętania. Sytuacja taka, jak w prezentowanym wyżej zadaniu, występuje bardzo często w normalnym uczeniu się z podręcznika. Autor podaje pewne wnioski wynikające z przedstawianych informacji, zależności fizycznych itp. Pojawia się ten problem również przy czytaniu artykułów popularnonaukowych. Jeżeli chcemy zrozumieć

prezentowany problem i sprawdzić, czy wnioski są poprawne, musimy obliczyć wartości niektórych wielkości fizycznych, sprawdzić rachunkowo wnioski wynikające z analizy prezentowanych treści, podjąć decyzję, czy wnioski autora są zgodne z naszymi, podjąć decyzję, czy potrafimy sami wyjaśnić prezentowany pogląd. Wymaga to wiedzy fizycznej, ale również umiejętności jej stosowania, a przede wszystkim umiejętności opisanych właśnie standardem czwartym.

Podczas próbnej matury z fizyki zorganizowanej i przeprowadzonej przez Okręgową Komisję Egzaminacyjną w szkołach województw dolnośląskiego i opolskiego, jedno z zadań (skonstruowane wspólnie z Zofią Mrozińską-Sobczyk – ekspertem OKE we Wrocławiu) sprawdzało umiejętności opisane standardem 4:

USG

Poniższy tekst został napisany na podstawie artykułu pochodzącego z czasopisma „Wiedza i Życie”. Tekst dotyczy badań ultrasonograficznych zwanych potocznie USG. Zastosowanie ultradźwięków w diagnostyce medycznej opiera się na zjawisku odbicia i załamania fali przy wykorzystaniu korzystnych warunków rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w tkankach miękkich.

Poniższa tabela przedstawia szybkości dźwięku w różnych środowiskach i niektóre gęstości tych ośrodków.

Wyemitowana fala (wytworzona przez źródło ultradźwięków), przechodząc przez

szybkość fali w różnych ośrodkach		gęstości ośrodków
Powietrze (w 20 <sup>o</sup> C)	344 m/s	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Krew	1570 m/s	1060 kg/m <sup>3</sup>
Tkanka tłuszczowa	1450 m/s	960 kg/m <sup>3</sup>
Mózg	1540 m/s	narządy wewnętrzne od 1010 kg/m <sup>3</sup> do 1070 kg/m <sup>3</sup>
Wątroba	1550 m/s	
Nerki	1560 m/s	
Woda destylowana	1530 m/s	998 kg/m <sup>3</sup>

ciało człowieka, wprawia w drgania napotkane tkanki. Gdy trafia na obszar o innej gęstości, na przykład granicę między różnymi strukturami anatomicznymi lub niejednorodności tkanki, takie jak zwapnienia, pęcherzyki gazów czy ciała obce, jej część zostaje odbita i wraca do źródła, część zaś podąża dalej, aż trafi na kolejną granicę. Stosunek natężenia fali odbitej do natężenia fali padającej prostopadłe na granicę dwóch ośrodków jest nazywany stopniem odbicia R i wyraża się zależnością:

$$R = \left( \frac{\rho_1 \bar{v}_1 - \rho_2 \bar{v}_2}{\rho_1 \bar{v}_1 + \rho_2 \bar{v}_2} \right)^2 \quad \text{gdzie } \rho - \text{ jest gęstością ośrodka, } \bar{v} - \text{ szybkością fali w ośrodku.}$$

a) Oszacuj wartość stopnia odbicia fali ultradźwiękowej dla przypadku, gdyby graniczyły ze sobą dwa narządy wewnętrzne o skrajnych wartościach gęstości zapisanych w tabeli. Przyjmij średnią szybkość rozchodzenia się fali w tych narządach równą 1540 m/s.

Przed badaniem lekarz nakłada na skórę specjalny żel, eliminując w ten sposób warstwę powietrza, która oddziela głowicę od powierzchni skóry. Zamiast dwóch wyraźnych granic – na styku głowicy aparatu z powietrzem oraz powietrza ze skórą – mamy jedną dzięki odpowiednim własnościom żelu.

b) Oszacuj wartość stopnia odbicia fali na granicy powietrze – skóra i krótko skomentuj otrzymany wynik. Załóż, że gęstość skóry i szybkość fali ultradźwiękowej są zbliżone do odpowiednich wartości dla tkanek miękkich (patrz tabela).

Oporem akustycznym właściwym nazywamy iloczyn gęstości ośrodka i szybkości rozchodzenia się w nim fali.

c) Jaki powinien być opór akustyczny właściwy żelu, aby fala ultradźwiękowa prawie w całości przenikała do skóry.

Rozdzielczość (czyli najmniejsze rozmiary szczegółów widocznych na obrazie USG) jest tym większa im mniejsza jest długość fali ultradźwiękowej i jest rzędu długości fali. Tłumienie fal w tkankach miękkich jest wprost proporcjonalne do częstości w zakresie stosowanym w diagnostyce medycznej (od 2 MHz do 20 MHz). Do badań np. jamy brzusznej, gdzie głębokość penetracji dochodzi do 30 cm stosuje się fale o częstości 2 MHz, natomiast do badań oczu, gdzie wymagany zasięg fal wynosi 3cm, stosowane są częstości rzędu 20 MHz.

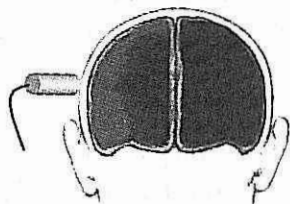
d) Oszacuj rozmiary najmniejszych szczegółów obserwowanych podczas badania oka i jamy brzusznej. Do obliczeń przyjmij średnią szybkość fali ultradźwiękowej dla ciała ludzkiego równą 1540 m/s. Dlaczego podczas obserwacji jamy brzusznej nie można użyć fal o częstości 20 MHz i tym samym uzyskać tak wysokiej rozdzielczości jak przy badaniu oka?

Generator ultradźwięków, będący drgającym kryształem, może równocześnie odbierać falę odbitą (echo) od granicy tkanek. Czas przejścia i amplituda są podstawowymi parametrami, z których uzyskuje się informacje o ośrodku badanym metodą echa.

Metoda ultrasonograficzna może być wykorzystywana np. do badania mózgu. Fale ultradźwiękowe o odpowiedniej częstości emitowane przez specjalną głowicę wysyłane są, np. z lewej strony czaszki. Załóżmy, że przez głowicę zostały zarejestrowane trzy odbicia fali: od lewej strony mózgu, obszaru pomiędzy półkulami

i prawej strony mózgu. Znając czas powrotu (rejestrowany czas od emisji impulsu do jego powrotu po odbiciu) poszczególnych fal, można obliczyć np. rozmiary półkul mózgowych.

e) Podczas pewnego badania otrzymano następujące wyniki: odbicie od lewej strony czaszki (granica czaszka - mózg) nastąpiło po 0,011 milisekundy od wysłania impulsu, od obszaru pomiędzy półkulami po 0,127 milisekundy i od prawej strony czaszki po 0,241 milisekundy. Czy takie wyniki świadczą, że jedna z półkul jest powiększona, jeśli tak to o ile? Odpowiedź uzasadnij.



Uczeń w szkole o ultrasonografii się nie uczył. Ale absolwent szkoły średniej, w dodatku zdający fizykę na maturze, powinien chyba móc zrozumieć treść artykułu w czasopiśmie popularnonaukowym. Było to ostatnie zadanie w zestawie. Wielu uczniów nie podejmowało próby rozwiązania tego zadania z być może z braku czasu. Ale byli uczniowie, którzy podejmowali próbę rozwiązania (opuszczając poprzednie zadania).

Nowa Matura postawiła przed tymi, którzy chcieli zmienić sposób nauczania w tym przypadku fizyki w szkole trudne zadanie. Najtrudniejsze to zmiana sposobu uczenia. Przystawienie się uczniów z wyuczania się pewnych informacji na analizowanie informacji prezentowanych w różnych źródłach. Oczywiście potrzebna do tego jest wiedza z fizyki lub astronomii. Uczeń nie musi znać dokładnie wyglądu diagramu Hertzsprunga–Russella, ale powinien w trakcie nauki spotkać się z omawianiem ewolucji gwiazd przy pomocy tego diagramu. W tym sensie nie powinien być mu on obcy. Zmiana sposobu uczenia jest potrzebna po to, aby uczeń nie stawał bezradnie przed nowymi problemami i zamiast je rozwiązywać przy pomocy opanowanej wiedzy, stwierdzał: w szkole nie uczono mnie o ultrasonografii i nie będę czytał tego artykułu (a w przypadku matury: nie będę zadania rozwiązywał, tego mnie nie uczono). Istotną rolę odgrywać może również sam zapis zadań. Z jednej strony rozbicie zadania na kilka punktów pomaga uczniowi w jego rozwiązaniu. Z drugiej jednak strony zetknięcie się po raz pierwszy z tego typu zapisem powoduje zdziwienie. Uczniowie stwierdzają: „takich zadań nie robiliśmy”.

Aby uniknąć omawianych kłopotów, podjąłem przed kilku laty (kiedy obecni maturzyści byli w klasie pierwszej) decyzję o zmianie konwencji zadań organizowanego od wielu lat konkursu fizycznego dla uczniów szkół średnich. Eliminacje

szkolne konkursu nazwałem „próbna matura z fizyki dla klas I”, arkusz z zadaniami przypominał obecne arkusze egzaminacyjne, każde zadanie miało przygotowany schemat punktowania tak, aby można było sprawdzać je w sposób porównywalny. Uczniowie i nauczyciele mieli szansę zapoznać się z nowymi zadaniami, ci ostatni ze sposobem punktowania zadań. Było to ponad trzy lata temu, kiedy wprowadzanie reformy strukturalnej w szkolnictwie przerwało niestety na pewien czas prace nad Nową Maturą. Niestety również akcja nie spotkała się z dużym odzewem. W roku 1999 w próbnej maturze wzięli udział uczniowie klas I z 34 szkół średnich dawnego województwa wrocławskiego, w roku następnym już tylko z 24, ale udało mi się dotrzeć do szkół w dawnych województwach legnickim i wałbrzyskim, a także w województwie opolskim – w sumie do ponad 100 szkół (tylko). Może to tłumaczy częściowo problemy, na jakie napotkali uczniowie piszący w tym roku próbna maturę z fizyki.