ACTA UNIVERSITATIS LODZIENSIS
KSZTAŁCENIE POLONISTYCZNE CUDZOZIEMCÓW 3, 1991

*Stanisław Bednarek*

# UMIEJĘTNOŚCI ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ Z FIZYKI PRZEZ SŁUCHACZY STUDIUM JĘZYKA POLSKIEGO DLA CUDZOZIEMCÓW A DETERMINUJĄCE JE CZYNNIKI

## WSTĘP

Rozwiązywanie różnorodnych zadań i problemów jest koniecznością, przed którą coraz częściej staje współczesny człowiek. Znalazło to swoje odbicie w nowych koncepcjach kształcenia, szczególnie w zakresie przedmiotów przyrodniczych – biologii, fizyki, chemii. Jednym z wielu dowodów tego może być cytat z wydanego niedawno podręcznika dla nauczycieli. „Proponujemy przyjęcie zasady, że istotą procesu kształcenia i wychowania na lekcjach fizyki jest czynność (zbiorowa lub indywidualna) rozwiązywania wszelkiego rodzaju zadań i problemów. Gdyby kogoś interesowało, jak ma się ta dyrektywa do znanych powszechnie (nawet w innych przedmiotach) metod i zasad nauczania, odpowiedź brzmi: pozostaje w stosunku nadrzędnym, zawiera w sobie tamte. Innymi słowy: nie ma dobrego, skutecznego nauczania fizyki bez stosowania zawsze i wszędzie zadań i problemów do rozwiązania przez ucznia"[1].

Również w procesie przygotowania cudzoziemców do studiów wyższych coraz większą wagę przywiązuje się do umiejętności samodzielnego rozwiązywania zadań. Dowodem tego jest m. in. wprowadzenie w roku akad. 1986/1987 pisemnego egzaminu z fizyki, na którym zdający oprócz opracowania dwóch tematów powinien rozwiązać 3 zadania.

Dotychczasowe badania wśród polskich uczniów i nauczycieli często wskazywały na niezadowalający stan umiejętności rozwiązywania zadań

[1] *Nauczanie fizyki*, cz. 4, *Podręcznik dla nauczycieli klas IV liceum ogólnokształcącego i technikum*. Warszawa 1985, s. 30.

z fizyki[2]. Nie udało się znaleźć wyników analogicznych badań przeprowadzonych wśród cudzoziemców przygotowujących się do studiów wyższych w Polsce. Proces rozwiązywania zadań z fizyki jest wieloetapowy i uzależniony od szeregu czynników[3]. Znajomość tych czynników i ich związków jest niepełna nawet w przypadku uczniów polskich. Podane przyczyny spowodowały przeprowadzenie odpowiednich badań wśród cudzoziemców.

## PROBLEM BADAWCZY

Punktem wyjścia do podjętych badań stały się następujące problemy:

1. Jaki jest poziom umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki wśród cudzoziemców przygotowujących się do studiów wyższych w Polsce?
2. Jakie czynniki wyznaczają ten poziom?
3. Jakie i na ile istotne są związki tego poziomu z wyznaczającymi go czynnikami oraz tych czynników ze sobą?

Do badań związków zastosowano analizę korelacyjną, a przy tworzeniu listy czynników wykorzystano przesłanki wynikające z informacji zawartych w literaturze i własnych obserwacji na temat procesu rozwiązywania zadań z fizyki. Dzięki temu wybrano czynniki, które mają związki deterministyczno-statystyczne i uniknięto badania związków tylko symptomatycznych, których wartość poznawcza i praktyczna jest niewielka. Wstępna selekcja czynników w oparciu o przesłanki dydaktyczne jest konieczna, ponieważ zdarzają się przypadki korelacji zmiennych nie mających związku przyczynowego[4].

Próba reprezentatywna do badań została wybrana spośród studentów z grup politechnicznych w Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców

---

[2] *Ocena poziomu przygotowania młodzieży do szkół wyższych w roku szkolnym 1959/1960.* Kraków 1960; S. Zachara, *Prognostyczność egzaminu wstępnego z fizyki.* „Zeszyty Naukowe Wydziału Humanistycznego Uniwersytetu Gdańskiego" 1972. Problemy dydaktyki przedmiotów kierunkowych, nr 1; W. Wcisło, *Badanie stanu umiejętności rozwiązywania szkolnych zadań z fizyki wśród nauczycieli szkół średnich.* „Zeszyty Naukowe Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. Uniwersytetu Gdańskiego"1975. Problemy dydaktyki fizyki, nr 2.

[3] *Metodyka nauczania fizyki w szkole średniej.* red. K. Badziąg, Warszawa 1977, s. 140; W. Wcisło, *Kierowanie procesem rozwiązywania szkolnych zadań z fizyki.* „Zeszyty Naukowe Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. Uniwersytetu Gdańskiego" 1973. Problemy dydaktyki fizyki, nr 1.

[4] G. Clauss, H. Ebner, *Podstawy statystyki dla psychologów, pedagogów i socjologów*, Warszawa 1972, s. 111; W. Krysicki, i inni, *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach.* cz. 2, *Statystyka matematyczna*, Warszawa 1986, s. 158.

w UŁ. Przebieg procesu dydaktycznego oraz warunki, w jakich jest prowadzony w tych grupach, przedstawione są dokładniej we wcześniej opublikowanych pracach[5].

## HIPOTEZY ROBOCZE

Po uwzględnieniu wymienionych przesłanek sformułowano hipotezę: Z poziomem umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki przez studentów $X_o$ mają związek następujące czynniki:

$X_1$ – poziom umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki przez nauczycieli uczących tych studentów,

$X_2$ – zasób wiadomości i umiejętności dydaktycznych z zakresu zadań z fizyki posiadany przez nauczycieli uczących tych studentów,

$X_3$ – zasób wiadomości z fizyki posiadany przez studentów,

$X_4$ – poziom umiejętności wykonywania przez studenta operacji logicznych (analizy, syntezy, porównywania, wnioskowania),

$X_5$ – zasób wiadomości i umiejętności matematycznych posiadanych przez studentów i wykorzystywanych do rozwiązywania zadań z fizyki,

$X_6$ – liczba zadań z fizyki rozwiązanych przez studentów na lekcjach,

$X_7$ – liczba zadań z fizyki rozwiązanych przez studentów w pracach domowych,

$X_8$ – liczba zadań z fizyki rozwiązanych przez studentów dodatkowo (np. w czasie konsultacji, samokształcenia),

$X_9$ – poziom umiejętności posługiwania się przez studenta językiem polskim,

$X_{10}$ – liczba zadań z fizyki rozwiązanych przez studenta w szkole średniej w rodzinnym kraju,

$X_{11}$ – ocena z fizyki ze szkoły średniej,

$X_{12}$ – długość przerwy, którą miał student w nauce.

Związki czynników $X_1 \div X_{12}$ z $X_o$ mają charakter deterministyczno-statystyczny. Deterministyczność wynika ze wspomnianych na początku przesłanek, np. student nie może poprawnie rozwiązać zadania obliczeniowego, nie umiejąc wykonać operacji arytmetycznych (czynnik $X_5$); student musi przeczytać i zrozumieć tekst zadania – napisany w obcym dla niego języku – języku polskim (czynnik $X_o$). Statystyczność jest wynikiem różnic indywidualnych

[5] S. Bednarek, *Organizacja i uwarunkowania procesu dydaktycznego w Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców*, „Życie Szkoły Wyższej", 1986, nr 7-8. *Kształcenie polonistyczne cudzoziemców*. Studia i Materiały, red. J. Mączyński i J. Michowicz, Łódź 1987 (zawiera przypisy do prac wcześniejszych).

między studentami oraz wpływu trudnych do przewidzenia czynników zakłócających i będzie badana metodą analizy korelacyjnej. Można spodziewać się, że między $X_o$ a $X_1$–$X_{11}$ wystąpi prawdopodobnie dodatnia korelacja, zaś między $X_o$ a $X_{12}$ ujemna.

## NARZĘDZIA I PROCEDURY POMIAROWE

Badania przeprowadzono na przykładzie działu programowego „Mechanika"[6], dlatego $X_o$, $X_1$, $X_3$, $X_5$–$X_{12}$ należy odnieść do tego działu. Wybór tego działu jest uzasadniony m. in. następującymi względami: podstawowym znaczeniem pojęć występujących w tym dziale dla nauczania innych działów (np. pojęcia siły, oddziaływania, energii, występują również w elektryczności, termodynamice, fizyce atomowej), dużą ilością haseł programowych i czasu realizacji „Mechaniki" (realizacja trwa prawie cały pierwszy semestr dwusemestralnego kursu). Wybór uzasadnia też reprezentatywność „Mechaniki" dla procesu kształcenia cudzoziemców – w czasie jej realizacji zachodzą procesy adaptacji do nowego środowiska oraz intensywne poznawanie podstaw języka polskiego.

Do pomiarów zastosowano następujące narzędzia i procedury:

$X_o$, $X_1$ – test 1 (przedstawiony w załączniku 1), złożony z pięciu zadań obliczeniowych kontrolujących opanowanie najważniejszych treści programowych z mechaniki. Do zadań opracowano, w oparciu o literaturę[7], jednoznaczne kryteria oceny rozwiązań oddanych przez badane osoby. Wartości zmiennych $X_{10}$, $X_{11}$ otrzymane z pomiarów $X_o$ i czynnika $X_1$ obliczone są jako stosunek ilości punktów uzyskanych przez rozwiązujących do maksymalnej ilości punktów możliwych do uzyskania pomnożony przez 100. (W dalszej części pracy wartości zmiennych reprezentujących odpowiednie czynniki oznaczane będą małymi literami $x$ z podwójnymi indeksami. Drugi indeks $j = 0, 1, ..., 12$ wskazuje czynnik, a pierwszy $i = 1, ..., n$ osobę badaną).

$X_2$ – test 2 (por. zał.), kontrolujący podstawowe wiadomości i umiejętności nauczycieli z zakresu metodyki i organizacji procesu rozwiązywania zadań z fizyki.

$X_3$ – test 3 (por. zał.), kontrolujący wiadomości z mechaniki i ich zrozumienie potrzebne do rozwiązywania zadań.

---

[6] Program nauczania fizyki w Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców w Uniwersytecie Łódzkim zatwierdzony przez Rektora UŁ w dn.06.01.1977 r., druk powielony.

[7] W c i s ł o, *op. cit.; Metodyka nauczania fizyki...*, B. N i e m i e r k o, *Testy osiągnięć szkolnych. Podstawowe pojęcia i techniki obliczeniowe*, Warszawa 1975; *ABC testów osiągnięć szkolnych*. red. B. Niemierko, Warszawa 1974; Z. S z u r i g, *Konstrukcje testów i sprawdzianów z matematyki*, Warszawa 1978.

$X_4$ – test Ravena[8].

$X_5$ – test 4 (por. zał.), kontrolujący wybrane wiadomości i umiejętności z matematyki potrzebne do rozwiązywania zadań z fizyki. Do oceny rozwiązań testów 2-5 i obliczania wartości zmiennych $X_{i2}$-$x_{i5}$ mają zastosowanie te same uwagi co do testu 1 i zmiennej $x_{i1}$. Dla testów 1, 3, 5 zbadano ich funkcjonalność w oparciu o operacyjną definicję funkcjonalności[9]. Stwierdzono, że testy te spełniają wymagania stawiane testowi funkcjonalnemu.

$X_6$, $X_7$, $X_8$ – analiza zeszytów i notatek studentów. Wartości zmiennych $x_{i6}$, $x_{i7}$, $x_{i8}$ równe są liczbom odpowiednich zadań, których poprawne rozwiązania znaleziono w zeszytach i notatkach z okresu realizacji mechaniki.

$X_9$ – analiza dokumentów pedagogicznych (arkusze ocen). Wartość $x_{i9}$ jest równa stosunkowi oceny z egzaminu z języka polskiego uzyskanej przez studenta za I semestr do oceny maksymalnej (5) pomnożonemu przez 100. Za ocenę z plusem dodawano 0,4, np. 3+ odpowiadało 3,4, za ocenę z minusem odejmowno 0,2, np. 4- odpowiadało 3,8.

$X_{10}$ – ankieta dla studentów, ewentualnie uzupełniona wywiadem. Wartość zmiennej $x_{i10}$ jest równa liczbie zadań podanej przez studenta w odpowiedzi na pytanie o liczbę zadań z mechaniki rozwiązanych w szkole średniej (w niektórych przypadkach dla ułatwienia respondentowi odpowiedzi potrzebne były dodatkowe pytania).

$X_{11}$, $X_{12}$ – analiza dokumentów pedagogicznych (świadectwa), ewentualnie uzupełniona ankietą lub wywiadem. Wartość zmiennej $x_{i11}$ jest równa stosunkowi oceny z fizyki uzyskanej przez studenta, gdy skończył on szkołę średnią do maksymalnej oceny, którą mógł uzyskać, pomnożonemu przez 100. Ustalenie oceny uzyskanej z samej tylko mechaniki nie zawsze było możliwe (brak zapisów na świadectwie, niepamięć studentów) oraz niecelowe (powiązanie mechaniki z innymi działami). Wartość zmiennej $x_{i12}$ jest równa liczbie lat, które upłynęły od zakończenia nauki mechaniki w szkole średniej albo zdania tego działu na egzaminie końcowym w szkole średniej (gdy znajomość tego działu wchodziła w zakres wymagań egzaminacyjnych z fizyki obowiązujących studenta) do rozpoczęcia nauki mechaniki w Polsce.

Konstruując zadania i pytania testowe dla studentów trzeba było dostosować je pod względem językowym do możliwości percepcyjnych

---

[8] B. Hornowski, *Analiza psychologiczna testu Ravena*, Warszawa 1957.

[9] B. Bończak, M. Kosztołowicz, *Funkcjonalność testu dydaktycznego z fizyki jako narzędzia pomiaru wyników nauczania. (Na przykładzie kl. I szkoły średniej)*, „Acta Universitatis Lodziensis" 1983, Folia physica, nr 4; B. Bończak, M. Koształowicz, *Stopień trudności zadań testu z fizyki a jego funkcjonalność*, „Acta Universitatis Lodziensis" 1983, Folia physica, nr 4.

studentów. Stąd np. użycie ograniczonego słownictwa i zadań pojedynczych oraz brak imiesłowów, co doprowadziło do wydłużenia tekstów niektórych zadań.

## OPRACOWANIE WYNIKÓW

Część wyników pomiarów wyspecyfikowanego zespołu zmiennych podana jest w tab. 1. Wyniki te tworzą macierz prostokątną (tzw. macierz obserwacji) $\hat{X}_{ij}$ o elementach $x_{ij}$ ($j = 0, 1,..., 12$; $i = 1, ..., n$), gdzie: $n$ – liczebność tej części prób, dla której udało się zmierzyć wszystkie zmienne. W przeprowadzonych badaniach $n = 31$ (Dla niektórych zmiennych udało się wykonać więcej pomiarów, np. 47 dla $X_1$, 50 dla $X_4$. Przy badaniu funkcjonalności testów wykorzystano wszystkie wyniki pomiarów). Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono dla każdej zmiennej średnią arytmetyczną $x_j$, wariancję $\delta_j^2$, odchylenie standardowe $\delta_j$ oraz odchylenie standardowe średniej arytmetycznej $\Delta\bar{x}_j$. Za pomocą testu $\chi^2$ zbadano typ rozkładu każdej zmiennej porównując rozkład wyników pomiarów z hipotetycznym rozkładem normalnym (do badania rozkładu zmiennych wykorzystano wszystkie wyniki pomiarów). Rezultaty tych obliczeń podano w tab. 2, gdzie $N$ oznacza rozkład normalny. $\sim N$ – zbliżony do normalnego, $J$ – rozkład typu $J$. Dla zmiennych $X_2$, $X_3$ nie badano typu rozkładu z powodu bardzo małej liczebności wyników. Hipotezy o normalności rozkładów testowano na poziomie istotności $\alpha = 0, 01$. Do obliczeń stosowano standardowe wzory i schematy postępowania[10].

W oparciu o macierz obserwacji zbudowano symetryczną macierz wariancji i kowariancji $\hat{C}_{jk}$. Elementy tej macierzy $cov_{jk}$ obliczono ze wzoru

$$(1) \qquad cov_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_{ij}x_{ki} - x_j x_k$$

$i = 1,...,n$, $j = 0, 1,...,12$, $k = 0, 1,...,12$,

$cov_{jk}$ – kowariancja zmiennych $x_j$ i $x_k$,

$i$ – wskaźniki pomiaru (badanego studenta).

$j$, $k$ – wskaźniki zmiennych.

Dla $j = k$ wzór (1) daje wariancje kolejnych zmiennych, a dla $j \neq k$ kowariancje. Wariancje są elementami diagonalnymi a kowariancje pozadiagonalnymi macierzy $\hat{C}_{jk}$. Znając macierz $\hat{C}_{jk}$ można wyznaczyć symetryczną macierz

[10] Clauss, Ebner, *op. cit.*; Krysicki i inni, *op. cit.*; J. Greń, *Statystyka matematyczna, modele i zadania*, Warszawa 1984.

Tabela 1

Macierz obserwacji $\hat{X}_{ij}$ (fragment)

| i | $x_{oi}$ | $x_{1i}$ | $x_{2i}$ | $x_{3i}$ | $x_{4i}$ | $x_{5i}$ | $x_{6i}$ | $x_{7i}$ | $x_{8i}$ | $x_{9i}$ | $x_{10i}$ | $x_{11i}$ | $x_{12i}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19,71 | 86,54 | 45,40 | 46,88 | 81,67 | 25,89 | 6 | 5 | 0 | 92 | 10 | 87 | 2,0 |
| 2 | 15,86 | 86,54 | 45,40 | 43,74 | 50,00 | 24,11 | 7 | 5 | 0 | 80 | 0 | 85 | 2,0 |
| 3 | 18,27 | 86,54 | 45,40 | 43,75 | 91,67 | 20,54 | 5 | 4 | 0 | 80 | 10 | 75 | 2,0 |
| 4 | 56,73 | 86,54 | 45,40 | 81,25 | 83,84 | 61,61 | 9 | 7 | 25 | 100 | 50 | 80 | 1,0 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 28 | 65,38 | 100,00 | 90,79 | 40,59 | 91,67 | 72,68 | 12 | 10 | 40 | 70 | 100 | 80 | 2,0 |
| 29 | 31,25 | 100,00 | 90,79 | 40,59 | 65,00 | 55,36 | 11 | 7 | 20 | 90 | 20 | 96 | 0,5 |
| 30 | 29,33 | 100,00 | 90,79 | 53,08 | 40,00 | 76,79 | 11 | 9 | 35 | 64 | 80 | 60 | 1,0 |
| 31 | 62,50 | 100,00 | 90,79 | 45,27 | 76,67 | 58,93 | 10 | 9 | 95 | 90 | 70 | 85 | 3,0 |

Tabela 2

Zestawienie wybranych charakterystyk zmiennych

| Symbol | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $x_8$ | $x_9$ | $x_{10}$ | $x_{11}$ | $x_{12}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_j$ | 49,98 | 95,04 | 72,20 | 51,06 | 83,86 | 57,29 | 9,39 | 7,13 | 17,94 | 91,03 | 83,06 | 76,48 | 2,53 |
| $\delta_j^2$ | 552,3 | 34,71 | 444,8 | 246,0 | 182,7 | 500,2 | 4,05 | 3,18 | 459,7 | 178,9 | 109,79 | 165,5 | 3,37 |
| $\delta_j$ | 23,50 | 5,89 | 21,09 | 15,68 | 13,52 | 22,37 | 2,01 | 1,78 | 22,26 | 13,38 | 104,8 | 12,9 | 1,83 |
| $\Delta x_j$ | 4,22 | 3,40 | 12,18 | 2,85 | 2,43 | 4,02 | 0,36 | 0,32 | 4,00 | 2,40 | 18,82 | 2,31 | 0,33 |
| Rozkład | $N$ | . | . | $N$ | $\sim N$ | $N$ | $\sim N$ | $N$ | $\sim N$ | $\sim N$ | $J$ | $N$ | $\sim N$ |

korelacyjną $\hat{R}_{jk}$, której elementami pozadiagonalnymi są współczynniki korelacji liniowej Pearsona $r_{jk}$ wszystkich możliwych dwuelementowych kombinacji różnych zmiennych ($j \neq k$). Elementy diagonalne macierzy $\hat{C}_{jk}$ są współczynnikami korelacji liniowej kolejnych zmiennych ze sobą i wynoszą oczywiście 1. Elementy pierwszego wiersza o indeksie $k > 0$ macierzy $\hat{C}_{jk}$ są współczynnikami korelacji liniowej Pearsona poziomu umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki $X_0$ z poszczególnymi czynnikami $X_1 - X_{12}$. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona (zwane dalej współczynnikami korelacji) obliczono ze wzoru

$$(2) \qquad r_{jk} = \frac{cov_{jk}}{\delta_j \delta_k}$$

Dla $j = k$ wzór (2) daje elementy diagonalne macierzy $\hat{C}_{jk}$ równe 1. Macierz korelacyjna została podana w tab. 3. Szczegółowy opis zarysowanego postępowania podany jest w literaturze[11].

Z tab. 3 wynika, że wartości niektórych współczynników korelacji są bliskie zera. Można postawić pytanie, czy są one statystycznie istotne (na zadanym poziomie istotności), czy też są wynikiem przypadku? W celu rozstrzygnięcia tego pytania stosuje się test istotności dla współczynnika korelacji. Korzystając z literatury[12] wartość krytyczną współczynnika korelacji $r^*_\alpha$ obliczono ze wzoru

$$(3) \qquad r^*_\alpha = \frac{t_{\alpha,n-2}}{\sqrt{(n-2) + t^2_{\alpha,n-2}}}$$

$t_{\alpha,n-2}$ – współczynnik odczytany z rozkładu $t$-Studenta dla zadanego $\alpha$ i $n-2$ stopni swobody.

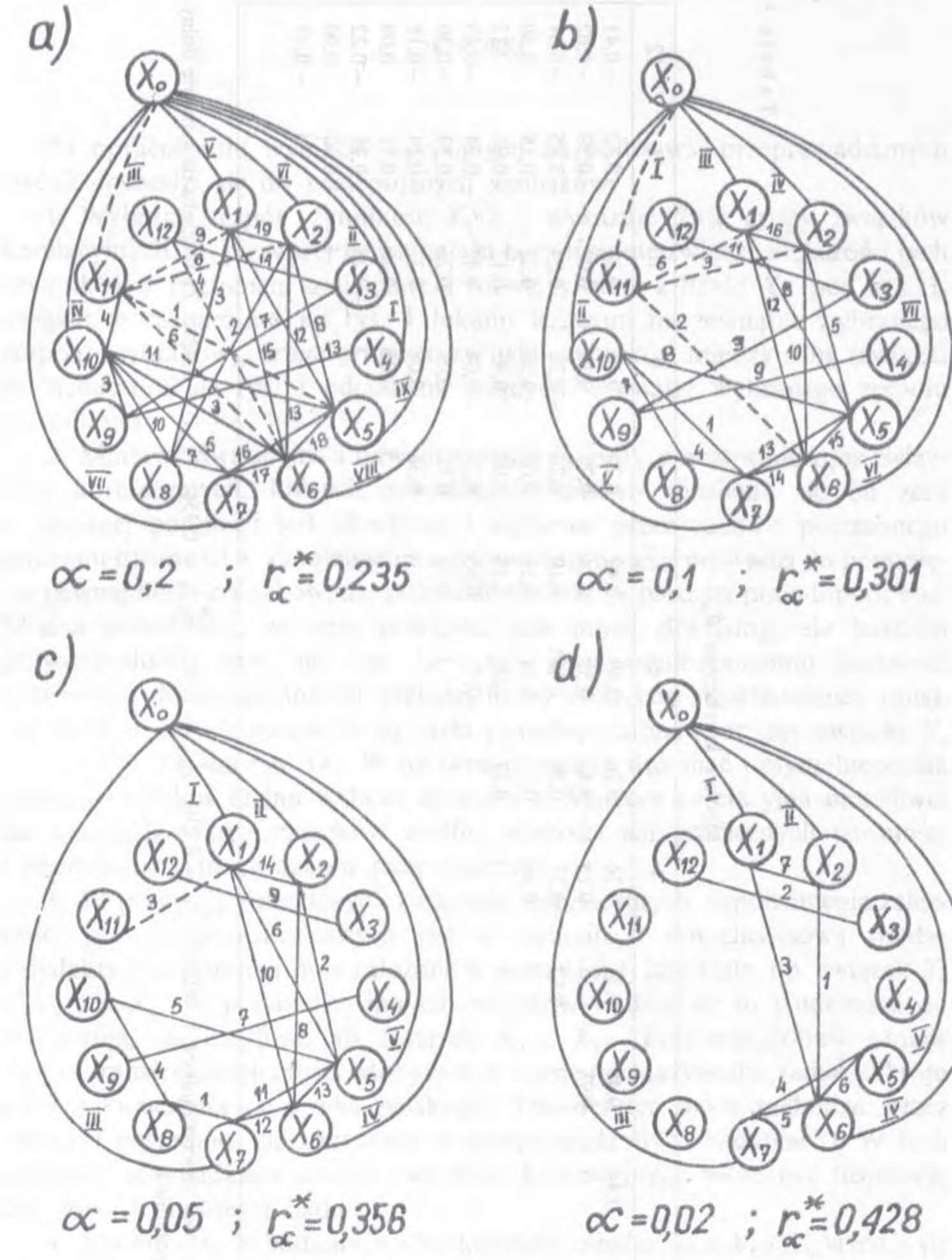
Wszystkie wartości współczynników korelacji $r_{jk} < r^*_\alpha$ zostają uznane za statystycznie nieistotne na danym poziomie istotności $\alpha$ i w dalszych rozważaniach zastąpione w macierzy korelacyjnej zerami. Wyniki obliczeń $r^*_\alpha$ dla kilku, często używanych wartości $\alpha$ podano pod tab. 3. Po zastąpieniu statystycznie nieistotnych $r_{jk}$ zerami, otrzymuje się dla zadanych $\alpha$ zbiór nowych macierzy $\hat{R}^\alpha_{jk}$ zawierających istotne statystycznie współczynniki korelacji $r_{jk} \geqslant r^*_\alpha$

Każda z macierzy $\hat{R}^\alpha_{jk}$ może być odwzorowana w postaci grafu, którego wierzchołki reprezentują zmienne $X_0, X_1, \dots, X_{12}$ a łuki – statystycznie istotne współczynniki korelacji. Realizacje tych grafów dla najczęściej używanych wartości $\alpha$ pokazano na rys. 1.

---

[11] Krysicki i inni, *op. cit.*; Greń, *op. cit.*; Z. Pawłowski, *Statystyka matematyczna*, Warszawa 1976.

[12] Clauss, Ebner, *op. cit.*; Krysicki i inni, *op. cit.*; Greń, *op. cit.*; Pawłowski, *op. cit.*.



Rys. 1. Związki poziomu umiejętności rozwiązywania zadań z fizyki $X_o$ i badanych czynników $X_1$-$X_{12}$ (por. hipotezę roboczą i tab. 3). Liczby obok linii są rangami istotności związków podanymi oddzielnie dla obu grup związków. Linie kreskowe oznaczają korelacje ujemne.

Tabela 3

Macierz korelacyjna $\hat{R}_{jk}$

| $j \backslash k$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0,44 | 0,45 | 0,27 | 0,26 | 0,76 | 0,69 | 0,49 | 0,20 | 0,17 | 0,34 | −0,32 | −0,41 |
| 1 | | 1 | 0,98 | −0,15 | 0,15 | 0,43 | 0,51 | 0,14 | 0,26 | 0,18 | 0,07 | −0,39 | −0,02 |
| 2 | | | 1 | −0,12 | −0,22 | 0,38 | 0,46 | 0,10 | 0,25 | −0,21 | 0,04 | −0,35 | −0,01 |
| 3 | | | | 1 | 0,16 | 0,13 | 0,14 | 0,21 | 0,09 | 0,35 | 0,23 | 0,18 | 0,50 |
| 4 | | | | | 1 | 0,17 | 0,06 | 0,18 | −0,08 | 0,45 | 0,17 | −0,06 | 0,12 |
| 5 | | | | | | 1 | 0,78 | 0,65 | 0,23 | −0,04 | 0,42 | −0,24 | −0,03 |
| 6 | | | | | | | 1 | 0,76 | 0,18 | 0,09 | 0,26 | −0,33 | −0,30 |
| 7 | | | | | | | | 1 | 0,36 | 0,08 | 0,31 | −0,14 | −0,18 |
| 8 | | | | | | | | | 1 | 0,05 | 0,40 | 0,12 | 0,09 |
| 9 | | | | | | | | | | 1 | 0,26 | 0,21 | −0,22 |
| 10 | | | | | | | | | | | 1 | 0,30 | 0,00 |
| 11 | | | | | | | | | | | | 1 | −0,11 |
| 12 | | | | | | | | | | | | | 1 |

Krytyczne wartości współczynników korelacji: $\overset{*}{r}_{0,2} = 0{,}236$, $\overset{*}{r}_{0,1} = 0{,}301$, $\overset{*}{r}_{0,05} = 0{,}356$, $\overset{*}{r}_{0,02} = 0{,}428$. Ze względu na symetrię dolny trójkąt macierzy pominięto.

## WNIOSKI

Po opracowaniu wyników uzyskanych na podstawie przeprowadzonych badań dochodzi się do następujących wniosków:

1. Wybrany zespół czynników $X_1$-$X_{12}$ wykazuje dwie grupy związków korelacyjnych: do pierwszej z nich należą bezpośrednie związki większości tych czynników z poziomem umiejętności rozwiązywania z fizyki $X_o$ (por. rys. 1, związki te zaznaczono na rys. 1 łukami leżącymi na zewnątrz wybranego zespołu czynników), druga grupa to związki czynników między sobą (związki te zaznaczono na rys. 1 odcinkami leżącymi wewnątrz wybranego zespołu czynników).

2. Macierz korelacyjna i odwzorowujące ją grafy umożliwiają opis związków korelacyjnych, których prawdopodobieństwo różnienia się od zera w badanej populacji jest określone i wybierne przez zadanie potrzebnego poziomu istotności $\alpha$. Zmniejszenie poziomu istotności $\alpha$ prowadzi do pominięcia pewnej ilości związków, ale pozostałe związki są bardziej prawdopodobne. Można powiedzieć, że opis powiązań jest mniej dokładny, ale bardziej prawdopodobny (por. np. rys. 1a i 1d). Zwiększenie poziomu istotności $\alpha$ prowadzi do uwzględnienia większej liczby związków (dokładniejszy opis), ale niektóre z tych związków są mało prawdopodobne (por. np. związki $X_o$ z $X_5$ i $X_6$ z $X_{10}$ na rys. 1a). W tej sytuacji należy dokonać optymalnego dla założonych celów badań wyboru wartości $\alpha$. Macierz korelacyjna umożliwia też uporządkowanie związków według wartości ich granicznych istotności i przypisanie tym związkom rang (por. rys. 1).

3. W przypadku niektórych związków korelacyjnych współistnienie zależności przyczynowo-skutkowych jest w oparciu o dotychczasową wiedzę z dydaktyki oczywiste i było założone w postawionej hipotezie, np. związek $X_o$ z $X_5$ czy $X_6$. W przypadku innych związków wydaje się to trudniejsze do wykazania, ale możliwe, np. związek $X_9$ z $X_{10}$ (Prawdopodobnie istnieje ukryty transfer umiejętności zdobytych w czasie rozwiązywania zadań w kraju na wyniki uczenia się języka polskiego. Transfer ten może zachodzić przez czynniki pośrednie, nie zmierzone w przeprowadzonych badaniach). W tych ostatnich przypadkach analiza związków korelacyjnych może być inspiracją dla nowych hipotez i badań.

4. Stwierdzone w badaniach silne korelacje między $X_o$ a $X_5$ i $X_6$ wydają się zrozumiałe wziąwszy pod uwagę fakt, że wszystkie zadania z testu 1 są zadaniami obliczeniowymi oraz że prawie wszystkie zadania, które studenci wcześniej rozwiązywali na lekcjach lub w domu – to też zadania obliczeniowe. Na rozwiązywanie zadań obliczeniowych w grupach studentów przygotowujących się do studiów politechnicznych kładzie się duży nacisk. Podobne

doniesienia odnoszące się do uczniów z polskich szkół średnich podają polscy autorzy[13].

5. Ujemna wartość współczynnika korelacji między $X_0$ a $X_{11}$ może wynikać z tego, że ocena z fizyki w krajach rodzinnych studentów dotyczy wiadomości i umiejętności nie warunkujących osiągnięcia wysokiego poziomu umiejętności rozwiązywania zadań stosowanych w Polsce. Nie jest to jedyne wytłumaczenie, przyczyną mogą być też duże różnice programowe w krajach rodzinnych i w Polsce lub mało dokładne poznanie używanych w tych krajach skal ocen.

6. Niewykrycie związków korelacyjnych między określonymi zmiennymi nie może być uznane w ogólnym przypadku za brak między tymi zmiennymi związków przyczynowych. Do stwierdzenia tych ostatnich konieczny byłby eksperyment przeprowadzony zgodnie z kanonami J.S. Milla. Niewykrycie związków korelacyjnych lub słabe związki korelacyjne utrudniają prognozowanie wartości jednej ze zmiennych na podstawie znanych wartości innych zmiennych i analizy regresji.

Przedstawiona metoda, po odpowiedniej zmianie listy czynników, może być stosowana do badań innych rezultatów procesu dydaktycznego lub w innych warunkach (np. do badania czynników determinujących efektywność nauczania języka polskiego wśród cudzoziemców). Współczynniki korelacji są podstawą do łatwego estymowania parametrów funkcji regresji[14]. Analiza macierzy korelacyjnej i odwzorowujących ją grafów służy do doboru optymalnej kombinacji zmiennych objaśniających (metoda S. Bartosiewicz)[15], co stanowi pierwszy krok w budowie matematycznych modeli opisowych. Funkcje regresji oraz modele opisowe są metodami stosowanymi już w wielu dziedzinach do wyjaśniania zachodzących prawidłowości i prognozowania. Wprowadzenie tych metod do dydaktyki pozwoliłoby lepiej poznawać na poziomie ilościowym i optymalizować proces dydaktyczny, np. gdy prognoza daje niskie wartości określonych wyników, można podjąć działanie zaradcze przez podniesienie wartości wybranych czynników i uniknąć niepowodzeń dydaktycznych.

---

[13] *Nauczanie fizyki*, cz. 4, s. 52; J. Szafraniec, *Zastosowanie elementów matematyki wyższej do rozwiązywania zadań z fizyki w kole fizycznym prowadzonym przy IV Liceum Ogólnokształcącym w Radomiu*. „Zeszyty Naukowe Wydziału Mat.-Fiz.-Chem., Uniwersytetu Gdańskiego" 1973, Problemy dydaktyki fizyki, nr 1; J. Szafraniec, *Kształcenie i rozwijanie zainteresowań uczniów na zajęciach koła fizycznego*, „Zeszyty Naukowe Wydziału Mat.-Fiz.-Chem. Uniwersytetu Gdańskiego" 1973, Problemy dydaktyki fizyki, nr 1.

[14] Greń, *op. cit.*

[15] *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*, red. W. Findeisen, Warszawa 1985; *Ekonometria*, red. M. Krzysztofiak, Warszawa 1978.

Załącznik 1

## Test 1 (czas rozwiązywania 90 minut)

Zadanie 1.1

Prędkość samochodu rośnie od 2 m/s do 20 m/s. Przyspieszenie tego samochodu jest równe 2 $m/s^2$. Obliczyć drogę, którą przejedzie ten samochód w czasie, gdy prędkość rośnie od 2 m/s do 20 m/s.

Zadanie 1.2

Ciało jest przesuwane ruchem jednostajnym prostoliniowym po równi pochyłej. Ciało to jest przesuwane do góry. Wysokość nad podstawą równi, na której jest to ciało, rośnie w czasie przesuwania o 2 m. Współczynnik tarcia ciała na równi pochyłej jest równy 0,2. Kąt nachylenia równi pochyłej do poziomu jest równy $30^o$. Masa ciała jest 5 kg. Narysować siły, które działają na to ciało i wypadkową tych sił. Obliczyć pracę wykonaną przez siłę, która przesuwa ciało.

Zadanie 1.3

Samolot porusza się w kierunku poziomym na wysokości 5 km nad Ziemią. Samolot ten porusza się ruchem jednostajnym z prędkością 720 km/h. Masa tego samolotu jest równa 20 t. Obliczyć całkowitą energię mechaniczną tego samolotu względem Ziemi.

Zadanie 1.4

Ciało porusza się z prędkością 500 m/s. Na to ciało nie działają siły zewnętrzne. Siły wewnętrzne powodują, że ciało podzieliło się na dwie części. Masa pierwszej części ciała jest równa 10 kg. Masa drugiej części ciała jest równa 5 kg. Wektor prędkości pierwszej części ciała ma taki sam kierunek i zwrot jak wektor prędkości całego ciała. Wartość wektora prędkości pierwszej części ciała jest 800 m/s. Obliczyć wartość prędkości drugiej części ciała. Jaki jest kierunek i zwrot wektora prędkości drugiej części ciała?

Zadanie 1.5

Ciało porusza się na płaszczyźnie poziomej po okręgu o promieniu 1 m. Ruch ciała powoduje siła dośrodkowa 3 razy większa od ciężaru tego ciała.

Obliczyć okres obrotu tego ciała. Narysować wykres siły dośrodkowej w zależności od prędkości liniowej tego ciała. Jak nazywają się linie, które są tymi wykresami? Wartości masy i prędkości liniowej można brać do wykresów – dowolne.

Test 2 (czas odpowiedzi 45 minut)

Pytanie 2.1

Jakie zna Pani (Pan) rodzaje (typy) zadań z fizyki?

Pytanie 2.2

W jakich celach poleca Pani (Pan) swoim studentom rozwiązywanie zadań z fizyki, na zajęciach w Studium i w pracach domowych?

Pytanie 2.3

Jakie sposoby rozwiązywania zadań z fizyki stosuje Pani (Pan) w swojej praktyce dydaktycznej? Jakie etapy (fazy) występują w procesie rozwiązywania zadań tymi sposobami?

Pytanie 2.4

Jakie kryteria stosuje Pani (Pan) podczas kontroli i oceny rozwiązań zadań z fizyki wykonanych przez studentów, tzn. jakie elementy rozwiązań bierze Pani (Pan) pod uwagę podczas oceny i w jakim stopniu? Jak Pani (Pan) ocenia te elementy i które z nich uważa za najważniejsze?

Pytanie 2.5

Jakie zna Pani (Pan) formy organizowania procesu rozwiązywania zadań z fizyki na zajęciach ze studentami? Które z tych form i kiedy stosuje Pani (Pan) na prowadzonych przez siebie zajęciach? Jaki jest udział pojedynczych studentów i grup studentów w tym procesie?

Pytanie 2.6

Jak zależą rodzaje (typy) stosowanych przez Panią (Pana) zadań z fizyki od rodzaju zajęć oraz czasu, w którym są stosowane te zadania? (To znaczy na jakiego typu zajęciach i w jakich momentach tych zajęć stosuje Pani (Pan) określone typy zadań?)

Test 3 (czas rozwiązywania 45 minut)

Pytanie 3.1

Co nazywamy ciężarem ciała spoczywającego na Ziemi? Od czego zależy wartość ciężaru ciała spoczywającego na Ziemi? Jaki kierunek i zwrot ma wektor ciężaru ciała spoczywającego na Ziemi?

Pytanie 3.2

Jaki ruch nazywamy ruchem jednostajnym? Z jakiego wzoru można obliczyć wartość drogi przebytej przez ciało w ruchu jednostajnym? Napisać ten wzór i objaśnić symbole, które są w tym wzorze.

Pytanie 3.3

Jakie są rodzaje tarcia? Od czego zależy wartość siły tarcia? Jaki jest kierunek i zwrot siły tarcia?

Pytanie 3.4

Od czego zależy przyspieszenie ciała, kiedy na ciało działa tylko jedna, stała siła (F = const.)? Jaki jest kierunek i zwrot tego przyspieszenia? Jakim wzorem można wyrazić to przyspieszenie? Napisać ten wzór i objaśnić symbole, które są w tym wzorze.

Pytanie 3.5

Napisać zasadę zachowania energii mechanicznej. Podać przykład zastosowania zasady zachowania energii mechanicznej w dowolnym zjawisku fizycznym. Udowodnić, że w tym zjawisku energia jest rzeczywiście zachowana. (Do udowodnienia zastosować wzory na energię).

Test 5 (czas rozwiązywania 45 minut)

Pytanie 5.1

Jakim ogólnym wzorem można określić funkcję liniową? Narysuj wykresy funkcji liniowych dla danych wartości parametrów:

1) $a > 0$ i $b = -1$, 2) $a = 0$ i $b > 0$.
3) $a = 1$ i $b < 0$, 4) $a = -1$ i $b = 0$.

Każdy wykres narysuj w innym układzie współrzędnych. Tabel wartości funkcji nie musisz robić.

Pytanie 5.2

Ile pierwiastków może mieć równanie kwadratowe z jedną niewiadomą? Od czego zależy ilość pierwiastków równania kwadratowego z jedną niewiadomą?

Zadanie 5.3

Oblicz wartość tego wyrażenia:

$$76 \cdot 84 \frac{10^4 \cdot (2 \cdot 5) \sqrt[3]{-27} - 27^{-2/3} \cdot 3^2}{(10^2)^4 \cdot 9 \cdot 10^{-8}} = ?$$

Zadanie 5.4

Z tego wzoru wyznaczyć x:

$$u = 1 - \frac{w}{\sqrt{p(x^2 + 3)}}$$

$p > 0$

Zadanie 5.5

Rozwiązać metodą graficzną i metodą podstawiania ten układ równań:

$$1 + x = 4x + 2y$$
$$y + 3 = 2x$$