

## INTENSYFIKACJA WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII CYFROWYCH W NAUCZANIU MATEMATYKI W CZASACH PANDEMII

Beata STRYCHARZ-SZEMBERG<sup>1</sup>, Daniel WÓJCIK<sup>2</sup>

1. Politechnika Krakowska, Katedra Matematyki Stosowanej  
tel.: +48 12 628 29 52 e-mail: beata.szemberg@pk.edu.pl
2. Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Instytut Matematyki  
tel.: +48 12 662 62 86 e-mail: daniel.wojcik@up.krakow.pl

**Streszczenie:** W tej krótkiej pracy omawiamy doświadczenia ze zdalnego nauczania studentów matematyki oraz studentów kierunku inżynierskiego z użyciem metody odwróconej klasy oraz z wykorzystaniem technologii do aktywizacji i zwiększenia zaangażowania studentów w proces nauczania.

**Słowa kluczowe:** klasa odwrócona, dobre pytania, nauka koleżeńska.

### 1. WSTĘP

Praca jest raportem z praktycznego zastosowania nowoczesnych form nauczania w pracy ze studentami wyższej uczelni technicznej. Nauczonym przedmiotem była matematyka. Raport dotyczy doświadczeń z zajęć z analizy matematycznej dla studentów kierunku matematyka oraz, dla porównania, z zajęć z matematyki dla studentów kierunku nanotechnologie i nanomateriały.

Przedstawione tu idee nie są nowe [1], jednak ich implementacja, z różnych powodów, o których mowa poniżej, była w praktyce albo bardzo ograniczona, albo pozostawała w sferze planów, na realizację których nigdy nie było czasu.

Nawet najbardziej doświadczeni nauczyciele akademicy zostali zaskoczeni wprowadzonymi w marcu 2020 restrykcjami życia społecznego i koniecznością skokowego przeniesienia realizacji procesu dydaktycznego do świata cyfrowego. Globalna skala zjawiska w połączeniu ze skalą i różnorodnością wymagań, przed którymi postawieni zostali wszyscy uczestnicy procesu nauczania, na wszystkich szczeblach, była niespotykana. Podejście do nowych wyzwań było bardzo różnorodne, bo choć studia nad nauczaniem zdalnym i różnymi jego formami prowadzone są od lat [2], nigdy nie zakładano całkowitego i długotrwałego przeniesienia procesu nauczania do sieci. Czy rok 2020 okaże się przełomowy w nauczaniu, pokaże czas i kompleksowe interdyscyplinarne badania. Zagrożenie, że wszystko wróci do tego jak było jest dość duże, a przecież nauczanie zdalne to niezbędny składnik nowoczesnie realizowanej edukacji, Edukacji 4.0 niezbędnej w społeczeństwie czasów kolejnej rewolucji technologicznej opartej na sztucznej inteligencji. Poważnym wyzwaniem, na które napotyka Edukacja 4.0 jest ściślejsze powiązanie dostępnych technologii z procesem nauczania [3].

W tej krótkiej pracy nie będziemy jednak zajmować się globalnymi aspektami i wyzwaniami związanymi

z agregacją technologii z nauczaniem. Zamiast tego skoncentrujemy się na opisie jednego, konkretnego podejścia do zagadnienia, zrealizowanego w praktyce na Politechnice Krakowskiej w roku akademickim 2020/21 i polegającego na połączeniu metody tzw. klasy odwróconej z metodą dobrych pytań.

Najprostsze reakcje na wprowadzone ograniczenia wyglądały następująco:

- Przerwanie procesu nauczania w nadziei, że restrykcje zostaną wkrótce zniesione;
- Przesłanie mailem (lub umieszczenie w sieci i przesłanie linku) materiałów w postaci pliku pdf do samodzielnego opracowania.

Nieco bardziej zaawansowane podejście, realizowane w sposób synchroniczny lub asynchroniczny, polegało na nagrywaniu/transmitowaniu wykładów tak, jakby odbywały się w sali dydaktycznej. Nie ma przy tym większego znaczenia, czy treści były prezentowane w postaci prezentacji, zapisywane na tablicy lub na kartce, na którą skierowana była kamera, bądź zapisywane na wirtualnej tablicy. W każdej z tych metod przekazu treści, oczekiwano, że również studenci symulować będą zachowanie w czasie wykładu, w szczególności, że będą sporządzać notatki, ewentualnie zadawać pytania w wersji synchronicznej.

W czasie Akademii E-learningu, wydarzenia hybrydowego, w którym 18 maja 2021 roku wzięło udział około 1000 pracowników dydaktyczno-naukowych i studentów wielu uczelni wyższych, przeprowadzono wywiady ze studentami na temat odbioru różnych form zdalnego nauczania. Zajęcia imitujące prowadzenie zajęć w sali zostały stosunkowo nisko ocenione.

### 2. NOWOCZESNE METODY NAUCZANIA

Zajęcia, których bardziej szczegółowy opis przedstawiony jest poniżej polegały na połączeniu podejścia znanego jako flipped classroom oraz BYOD (Bring Your Own Device) zastosowanego w ramach nauki koleżeńskiej (peer instruction), zobacz [4] i [5]. Zanim przejdziemy do opisu zajęć, przypomnimy krótko najistotniejsze, z naszego punktu widzenia i arbitralnie dobrane dla potrzeb tego artykułu, cechy obu metod nauczania.

**Odwrócona klasa** polega na zamianie tradycyjnych elementów nauczania miejscami. Konkretnie chodzi o to, że

czynności zwykle wykonywane w sali wykładowej są zamienione z tymi, które w podejściu tradycyjnym wykonywane są poza salą. W pewnym sensie, zamieniony jest także porządek chronologiczny tych działań. W podejściu tradycyjnym, studenci słuchają wykładu w sali wykładowej, a następnie w domu pracują nad problemami, których rozwiązania prezentują w czasie ćwiczeń. W metodzie odwróconej, studenci *przed* zajęciami zapoznają się z materiałem dotyczącym wykładu, w naszym przypadku, przekazany w postaci około 15-minutowego pliku video oraz pliku tekstowego zawierającego najważniejsze treści danej jednostki nauczania, jednak bez przykładów i/lub dowodów. Przykłady i zadania były następnie dyskutowane w czasie zajęć, przy czym staraliśmy się rolę nauczyciela ograniczyć do moderowania dyskusji. Wśród teoretyków nauczania [6] panuje w zasadzie zgoda co do tego, że metoda odwróconej klasy jest lepsza w stosunku do metody tradycyjnej przez to, że pozwala studentom na poznanie materiału w ich własnym tempie pracy, stwarza możliwości do aktywnego zgłębiania materiału i wykorzystania czasu bezpośredniego kontaktu z wykładownicą na dyskusje, ujawnienie i rozwianie własnych wątpliwości. Proces nauczania staje się bardziej efektywny i poszerzony o elementy aktywizujące kreatywność. Studenci przejmują kontrolę nad procesem uczenia się oraz ponoszą za niego odpowiedzialność [7].

Dodatkowych impulsów do dyskusji dostarczały tzw. *dobrze pytania* [8] realizowane w tym przypadku za pomocą aplikacji PINGO (Peer Instruction for very large Groups: <https://pingo.coactum.de/>). Jej zalety to obsługa formatu LaTeX oraz kompatybilność z popularnymi formatami m. in. Moodle XML, co umożliwiła szybką wymianę pytań między aplikacją a platformami e-learningowymi opartymi na systemie Moodle. **Metoda dobrych pytań** (good questions) została opracowana przez Erica Mazura, profesora fizyki na Uniwersytecie Harvarda. Motywacją Mazura była zdiagnozowana przez niego nieefektywność tradycyjnych metod nauczania i powiązana z tym, frustrująco wysoka, liczba studentów przerywających studia. Obserwacja ta dotyczyła, przy tym, nie tylko studentów fizyki, ale szeroko rozumianych dyscyplin STEM (nauki ścisłe, techniczne, inżynierskie i matematyczne). W pewnym uproszczeniu, metoda polega na konfrontacji studentów z pytaniami, oczywiście związanymi z omawianymi zagadnieniami, które mają nieoczywiste odpowiedzi, w nadziei wywołania dyskusji, a co za tym idzie, zaangażowania studentów w proces, w którym uczestniczą. Wykorzystanie technologii ma w przypadku tej metody kluczowe znaczenie. Możliwe (w nauczaniu stacjonarnym) jest używanie np. pilotów do głosowania, jednak znacznie bardziej efektywnie działa oparcie całego procesu na aplikacji integrującej przesłanie pytania, zebranie odpowiedzi, wizualizację rozłożenia głosów (bez wskazania prawidłowych odpowiedzi!) oraz ewentualne ponowne zadanie tego samego lub podobnego pytania w celu kontroli osiągniętego efektu nauczania i w zależności od wyniku, przejścia do nowego fragmentu materiału lub ponownego omówienia aktualnego fragmentu. Ponadto użycie bezpłatnej aplikacji, którą można obsłużyć bez jej instalowania przez dowolną przeglądarkę ma niewątpliwie zalety ekonomiczne i praktyczne (np. daje się zastosować przy podejściu hybrydowym, gdy część studentów jest w sali wykładowej, a część łączy się online).

Metoda dobrych pytań, czy ogólniej mówiąc *nauki koleżeńskie* (peer instruction) może być realizowana w różnej konfiguracji konkretnej jednostki lekcyjnej

i różnym przyporządkowaniu czasu do nowego materiału, pytań i dyskusji z wariantami zależnymi od stopnia trudności omawianych treści i stopnia zaangażowania studentów w proces uczenia się [9]. Jedną z możliwości, charakteryzującą się dużą skutecznością, ale wymagającą zaangażowania grupy studentów jest podanie materiału *przed* zajęciami, rozpoczęcie ich od dobrego pytania i następnie koncentracja na części dyskusyjnej, ewentualnie poświęconej na rozwiązywanie konkretnych problemów.

### 3. PRZEPROWADZONE ZAJĘCIA

Opisane wcześniej założenia teoretyczne zostały zastosowane w praktyce w czasie realizacji zajęć z dwóch przedmiotów: analizy matematycznej I dla studentów pierwszego roku I stopnia matematyki (grupa 49-osobowa) oraz przedmiotu matematyka dla przyszłych inżynierów na kierunku nanotechnologie i nanomateriały (grupa 19-osobowa). Co ciekawe, nie zaobserwowano większych różnic między oboma grupami, mimo, że dla jednej grupy studentów przedmiot był wiodący i związany bezpośrednio z kierunkiem studiów, który sami obrali, a grupa inżynierska zwykle podchodzi do zajęć z matematyki z mniejszym zaangażowaniem.

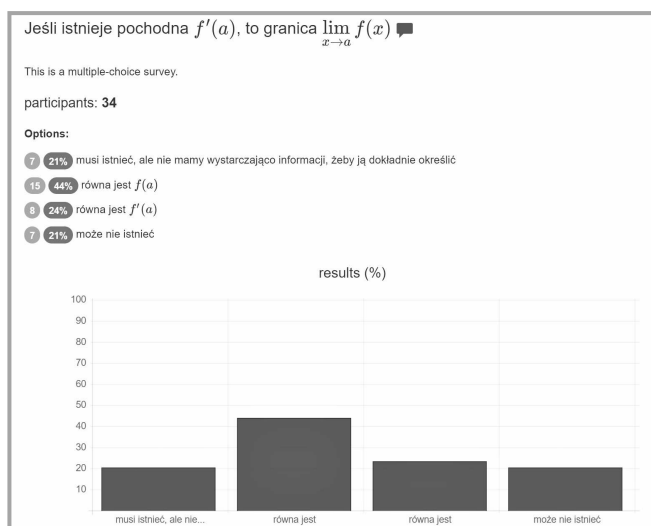
Zajęcia dla matematyków obejmowały 120 (60W+60Ć) godzin, natomiast dla inżynierów 60 (30W+30Ć) godzin. Obie grupy nie spotkały się wcześniej ani z metodą odwróconej klasy, ani z metodą dobrych pytań. Te metody zostały wytłumaczone na początku pierwszych zajęć. W szczególności podkreślono konieczność zapoznania się z udostępnionymi przed zajęciami materiałami. Zwrócono uwagę, że odpowiedzialność za proces nauczania w zastosowanej metodzie jest w znacznie większym stopniu po stronie studentów niż prowadzących.

Mimo to, w obu grupach tłumaczenie okazało się stratą czasu, gdyż z przygotowanym materiałem przed kolejnymi zajęciami zapoznali się... dwie/trzy osoby. Przyzwyczajenie studentów do nowej rutyny zajęło kilka tygodni i wymagało dodatkowych środków dyscyplinujących w postaci spersonalizowanych testów na platformie e-learningowej Politechniki Krakowskiej na początku zajęć. Z czasem tego rodzaju testy nie były potrzebne i można było ograniczyć się do anonimowych testów i quizów na PINGO. Anonimowość wypowiedzi ma fundamentalne znaczenie dla jej swobody (student nie obawia się krytyki ze strony rówieśników, ani nauczyciela) a ta jest nieodzowna dla uzyskania prawdziwego obrazu aktualnego stanu wiedzy oraz, co jeszcze ważniejsze, podjęcia dialogu z grupą. Te aspekty nauczania zostały szczegółowo opisane w rozprawie doktorskiej drugiego autora [8].

Materiały poprzedzające zajęcia zamieszczane były w postaci plików filmowych o długości 7-25 minut udostępnianych w popularnym serwisie YouTube. Chodziło o zapewnienie ich maksymalnej dostępności w znanym studentom środowisku pracy. Większość materiałów miała długość 13-17 minut i taka długość została określona przez studentów jako optymalna do pierwszego obejrzenia materiału w całości i następnie do szybkiego wyszukiwania newralgicznych fragmentów. Studenci zorientowali się, że obowiązek zapoznania się z materiałem przed zajęciami zwiększa ich nakład czasu niezbędny do zaliczenia zajęć i początkowo kontestowali to rozwiązanie postulując przywrócenie „normalnego” trybu nauczania. Istotnie, w początkowej fazie semestru, mniej więcej połowa zajęć odbywała się w sposób tradycyjny. Po części było to wyjście

naprzeciw oczekiwaniom studentom, po części było to związane z tym, że przygotowanie materiałów wideo na zadawalającym poziomie merytorycznym i dydaktycznym okazało się zajęciem bardziej czasochłonnym, niż początkowo sądzono. Z czasem jednak studenci przekonali się do nowej metody a prowadzący z kolei nabrali większej sprawy w przygotowywaniu materiałów. Przygotowanie materiałów, choć czasochłonne, wydaje się opłacalne na dłuższą metę, gdyż będą mogły zostać wielokrotnie wykorzystane. Nie ma przy tym znaczenia, czy studenci, korzystając z rad starszych kolegów „odkryją” te materiały, zanim będą wymagane do konkretnego tematu. Raczej przeciwnie, taka wyprzedzająca praca jest jak najbardziej pożądana, choć zapewne mało prawdopodobna.

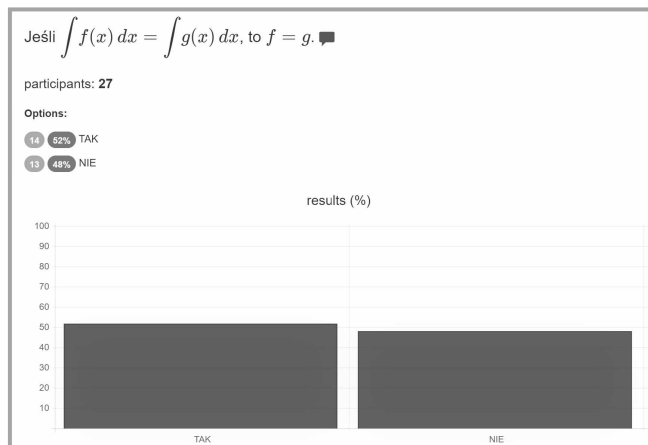
Po fazie „przed zajęciami” następowała faza właściwych zajęć. Na jej początku studenci byli proszeni o wypełnienie krótkiego testu mającego diagnozować wiedzę wyniesioną z fazy poprzedzającej właściwe zajęcia. Początkowo konieczne było przygotowanie spersonalizowanych testów motywacyjnych na platformie e-learningowej Politechniki Krakowskiej, gdyż studenci nie wywiązywali się należycie z obowiązku zapoznania się z materiałami przed zajęciami. Z czasem zaczęli jednak dostrzegać korzyści płynące z nowego sposobu nauczania. Na końcu obie grupy uznały, że tak prowadzone zajęcia są po prostu ciekawsze. Dzięki większemu zaangażowaniu studentów w przygotowanie do zajęć, wstępny test był tylko przyczynkiem do następującej po nim dyskusji i ćwiczeń. Zauważono przy tym, że im większe trudności studenci mieli z rozwiązaniem początkowych (anonimowo już w tej fazie wypełnianych testów), im więcej związane z zajęciami dobre pytania budziły kontrowersji, im bardziej rozkład udzielonych odpowiedzi był równomierny, tym większe było zaangażowanie studentów w same zajęcia („rys.1” i „rys.2”).



Rys. 1. Przykład dobrego pytania

Kilkukrotnie udało się osiągnąć stan, w którym to grupa żywo dyskutowała między sobą, a rola nauczyciela z centralnej, ograniczała się niemal niewidocznego pomocnika służącego radą i wskazówką w momentach, gdy grupa nie potrafiła rozstrzygnąć konkretnego problemu. Taki stan zajęć wskazywany jest jako optymalny w klasycznej literaturze poświęconej metodzie odwróconej klasy [10]. Trzeba jednak zaznaczyć, że w większości przypadków sukces metody ograniczał się do pytań ze strony studentów, na które odpowiedzi oczekiwali ze strony nauczyciela. Był

to jednak istotny postęp w stosunku do tych samych zajęć prowadzonych rok wcześniej klasycznie, kiedy trudno było o jakąkolwiek reakcję ze strony studentów.



Rys. 2. Przykład dobrego pytania z równomiernym rozkładem odpowiedzi

Stworzenie sytuacji dydaktycznej, w której studenci znali (powinni znać) materiał przed zajęciami, na których miał on być omawiany pozwoliło na zastąpienie, na ogromnej części wykładu, tradycyjnego modelu prezentowania nowego materiału i ilustrowania go przykładami oczywistymi dla prowadzącego, ale zupełnie niespodziewanymi dla słuchaczy, przez przykłady, po części bardzo praktyczne, które pozwalały lepiej naświetlić szczególnie krytyczne elementy poznawanych treści. Niebagatelne znaczenie miała wyraźna, mierzalna liczba wypowiedzi studentów, aktywizacja grupy do udziału w zajęciach. W wypowiedziach wielu nauczycieli, w tym akademickich, na temat doświadczeń związanych z nauczaniem zdalnym uderza częstość zgłaszania... samotności. Nauczyciel, pozornie, ma duży komfort pracy, w każdej chwili może wyciszyć lub nawet usunąć z zajęć przeszkadzających studentów. Problem jednak polega na tym, że nikt w zajęciach nie przeszkadza, nikt się nie odzywa, nie wiadomo, czy za awatarami kryją się ludzie skupieni na przekazywanych treściach, czy raczej aktualnie są zajęci zupełnie czym innym.

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Prowadzenie zajęć na odległość, przez długi okres czasu, na przykład przez cały semestr wymaga zmian w stylu pracy oraz korzystania z adekwatnych rozwiązań technologicznych. Proste próby adaptacji online rozwiązań dydaktycznych znanych z sytuacji klasycznych okazują się niewystarczające.

W naszym odczuciu, metoda odwróconej klasy, umiejętnie połączona z elementami peer instruction, w szczególności z quizami, w których studenci anonimowo odnoszą się do poruszanych kwestii, przewidują wyniki eksperymentów lub proponują w sytuacji konkretnych problemów odwołania do poznanych treści programowych, prowadzi do dobrych wyników, przynajmniej jeśli idzie o zaangażowanie do zajęć i aktywizację studentów. Budując nową, lepszą kulturę edukacji można oczekiwać lepszych efektów całego procesu dydaktycznego. Czy tak dzieje się rzeczywiście, w omawianym tu przykładzie nie zostało zmierzone. Zdecydował o tym brak punktu odniesienia w postaci grupy kontrolnej. Praca [5] zawiera wyniki ilościowe idące w tym i innych kierunkach. Jeśli idzie o analizę stopnia sukcesu na

egzaminach wyniki osiągnięte w grupach badanych przez Shuklę i Mcinnis mieszczą się w granicach błędu statystycznego i ich praca [5] nie pozwala na jednoznaczne wnioski. Problematyka jest jednak na tyle istotna i ciekawa, że mamy nadzieję powrócić do niej w najbliższej przyszłości i wzbogacić naszą pracę o wyniki ilościowe mimo, że naszym zdaniem nie są one w tym kontekście najważniejsze. Główną motywacją do podzielenia się opisem naszego sposobu zdalnego nauczania było odczuwalne (mierzalne również czasem, w którym to studenci w czasie zajęć zabierali głos) zwiększenie zaangażowania studentów w proces dydaktyczny i uniknięcie, bądź przynajmniej znacząca minimalizacja, efektu osamotnienia nauczyciela na zajęciach online, tzw. „mówienia do komputera”, który bardzo często pojawia się w wynikach ankiet na temat nauczania zdalnego, patrz [11].

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. Hiltz S. R., Turoff M.: Education goes digital: The Evolution of Online Learning and the Revolution in Higher Education, Comm. ACM 48 No. 10 (2005), s. 59 – 64.
2. Kuźmich K.: E-learning kultura studiowania w przestrzeni sieci, Wydawnictwo GWP, Sopot 2015.
3. Aziz Hussin A.: Education 4.0 Made Simple: Ideas For Teaching, IJELS 6 (vol. 3) 2018, s. 92 – 98.
4. Mazur E.: Peer instruction: A User's Manual, Pearson 1996.
5. Crouch C.H., Fagen A.P., Mazur E., Watkins J.: Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once, Research-Based Reform of University Physics 1 (1) 2007, s. 40 – 95.
6. Nouri J.: The flipped classroom: for active, effective and increased learning – especially for low achievers, Int J Educ Technol High Educ 13, 33 (2016).
7. Shukla N. J., Mcinnis E. (2021): Flipped classroom: Success with first year mathematics students. International Journal on Social and Education Sciences (IJonSES), 3(1), s. 32-47. <https://doi.org/10.46328/ijonSES.56>
8. Wójcik, D.: Wpływ otwartych pytań na efektywność procesu nauczania matematyki, Rozprawa doktorska, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, Instytut Matematyki, Kraków, 2021.
9. Crouch C.M., Mazur E.: Peer Instruction: Ten years of experience and results, Am. J. Phys. 69 (9) 2001, s. 970 – 977.
10. King A.: From Sage on the Stage to Guide on the Side, College Teaching 41 (1) 1993, s. 30 – 35.
11. Zdziebłowski S.: Nauczyciele akademicy o prozie nauczania w czasie pandemii, <https://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news%2C84576%2Cnauczyciele-akademicy-o-prozie-nauczania-w-czasie-pandemii.html> (sprawdzono: 10.09.2021).

## INTENSIFYING THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TEACHING MATHEMATICS IN TIMES OF A PANDEMIC

In this note we want to share our experiences gathered during some courses in mathematics taught completely online due to COVID 19 pandemic restrictions. Our students were mathematics majors and engineering majors. We discuss briefly similarities and differences in working with both groups of students. Somewhat surprisingly similarities are predominating. In the courses we applied the method of the flipped classroom. This method is relatively well known and spread to some extent in middle and high schools but it is rarely applied in university courses. We found that the method works very effectively in courses taught completely online allowing for diversion from a rather dull routine of a traditional lecture implemented in the online setting and providing place for engaging students in the learning process. The method was complemented by some elements from the peer instruction approach. Most notably, we used technology to implement good questions in the spirit developed by the second author in his PhD thesis, stimulating thus discussions and increasing the attractiveness of our classes.

**Keywords:** flipped classroom, peer instruction, good question, BYOD.