

## AKTYWIZACJA STUDENTÓW NA ZAJĘCIACH WYKŁADOWYCH Z METROLOGII

Jarosław MAKAL

Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny  
tel.: 85 746 94 21 e-mail: j.makal@pb.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono sposób prowadzenia wykładu z metrologii wymuszający aktywną pracę studentów podczas zajęć. Szczególnie podkreślono znaczenie odpowiedniego przeprowadzenia pierwszego wykładu w semestrze, na którym zazwyczaj są obecni prawie wszyscy zapisani studenci. Zwrócono uwagę na rolę testów motywujących studentów do aktywnego uczestniczenia w zajęciach. Porównano wyniki testu wykonanego w dwóch różnych grupach: jeden z dwukrotnym podejściem – na początku i na końcu zajęć; drugi tylko na zakończenie zajęć. W podsumowaniu wskazano na dodatkowe elementy zwiększające zainteresowanie studentów i aktywizujące ich postawę.

**Słowa kluczowe:** motywowanie studentów, ewaluacja cząstkowa, testy on-line, sztuka uczenia.

### 1. WSTĘP

Aktywność studentów jest ściśle związana z ich wewnętrzną motywacją. Przyczynia się ona do ich rozwoju intelektualnego i zawodowego. Studenci podejmując tę aktywność nabywają nowe umiejętności i wiedzę, i w ten sposób zaspokajają naturalną i podstawową potrzebę posiadania kompetencji [1].

Prowadzący zajęcia nauczyciele akademicy doskonale wiedzą, że pierwszy z każdego przedmiotu wykład w rozpoczynającym się semestrze gromadzi zwykle prawie wszystkich zapisanych do danej grupy studentów. Chcą oni zobaczyć wykładowcę, dowiedzieć się o warunkach i kryteriach zaliczenia przedmiotu oraz poznać zakres przekazywanego na wykładach i wymaganego na zaliczeniu/egzaminie materiału. Dane te wraz z informacją o dostępności źródeł tej wiedzy, czy to w postaci podanej literatury, czy w obietnicy udostępniania kolejnych prezentacji, mają bardzo duży wpływ na podjęcie decyzji o uczęszczaniu na te zajęcia (wykłady na Politechnice Białostockiej są formą nieobowiązkową [2]). Jeszcze większe znaczenie ma wg autora tego artykułu sposób przeprowadzenia przez nauczyciela części merytorycznej tego pierwszego wykładu. Jeśli robi to w atrakcyjny i interesujący sposób, to na kolejnym wykładzie pojawi się prawie taka sama liczba studentów. Jeśli natomiast wyświetli prezentację i będzie omawiać poszczególne slajdy lub, co gorsza, czytać umieszczone na nich komentarze, to studenci błyskawicznie zoptymalizują wykorzystanie swojego czasu i już po przerwie (jeśli zajęcia trwają 2x45 min.) wielu z nich będzie znajdować się daleko od sali wykładowej.

Opisane wyżej sytuacje można obserwować na początku każdego semestru, czyli dwa razy w ciągu roku akademickiego, ale zjawisko „głosowania nogami” dotyczy każdego z nas niekonięcznie będących w roli nauczyciela. Wiadomo, że człowiek potrzebuje zaledwie kilku minut (czasami kilkunastu sekund), aby zdecydować o aktywnym słuchaniu czyjegoś wykładu, monologu podczas dyskusji, czy nawet krótkiej prezentacji [3]. Potwierdzeniem tego faktu są jakże częste obrazki z różnych sal obrad, gdzie widoczne są osoby, które zamiast słuchać mówcy, zajmują się swoimi smartfonami, tabletami, czy rozmowami z sąsiadami.

### 2. PIERWSZY WYKŁAD

#### 2.1. Zainteresować

Tematem pierwszego wykładu z metrologii na II semestrze studiów I stopnia kierunku elektrotechnika (Wydział Elektryczny PB) są podstawowe pojęcia: pomiar (bezpośredni i pośredni), menzurand (uogólniona wielkość mierzona), błąd pomiaru, miary niedokładności (błąd graniczny, niepewność). Zajęcia są prowadzone bez użycia projektora, a jedynie z wykorzystaniem tradycyjnej tablicy i przygotowanych wcześniej rekwizytów.

Nauczyciel, odwołując się do wiedzy studentów, zachęca ich do samodzielnego sformułowania definicji pomiaru. Aby im to ułatwić, prosi jedną osobę o zmierzenie wysokości stołu przy pomocy taśmy mierniczej. Wynik tego pomiaru zostaje zapisany na tablicy. Analiza tego przykładu pozwala po 1-2 minutach na określenie pomiaru jako porównania wielkości mierzonej (długości) z wzorcem ( $1\text{ m} = 100\text{ cm}$ ). Druga osoba proszona jest o wyznaczenie pola powierzchni blatu tego stołu (w kształcie prostokąta) poprzez pomiary jego długości i szerokości. O ile wynik pomiaru jest łatwy do ustalenia, to definicję tego typu pomiaru (pośredniego) musi podać prowadzący<sup>1</sup>. Jest to również dobry moment, aby wprowadzić nowe dla studentów pojęcie *menzurandu*<sup>2</sup>. Po jego zdefiniowaniu podają oni różne przykłady menzurandów znane im z życia codziennego, jak również przykłady cech obiektów lub pojęć, których nie da się zmierzyć.

Autor wykorzystuje często w swoich wykładach opisy zdarzeń z historii techniki, które zawsze wzbudzają ciekawość słuchaczy. Przy tej okazji przytacza znane powiedzenia typu: *Policz to, co można policzyć, zmierz to, co można zmierzyć, a to, co jest niemierzalne uczyn*

<sup>1</sup> Taki pomiar jest definiowany jako zbiór czynności i operacji prowadzący do wyznaczenia wartości podanej wielkości.

<sup>2</sup> Parametr pewnego obiektu (lub jego modelu), którego wartość chcemy wyznaczyć.

mierzalnym (Galileo Galilei, 1564-1642) oraz *Jeśli możesz zmierzyć to, o czym mówisz i wyrazić za pomocą liczb, to znaczy, że wiesz coś o tym; ale jeżeli nie możesz wyrazić tego liczbowo, twoja wiedza jest uboga i niesatysfakcjonująca* (Lord Wiliam Thomson Kelvin, 1824-1907). Wskazują one na znaczenie metrologii dla rozwoju społeczeństwa. Pada też pytanie o różnicę pomiędzy liczeniem, a mierzaniem i o związek liczby palców u obu rąk z systemem dziesiętkowym. Atmosferę wykładu rozluźnia dodatkowo pytanie o liczbę palców rąk i nóg u Babilończyków, którzy używali sześćdziesiątkowego systemu liczbowego.

Kolejnym dylematem rozstrzyganym przez studentów jest wyjaśnienie różnicy pomiędzy wskaźnikiem, a przyrządem pomiarowym. Podają oni znane sobie przykłady i przy okazji dowiadują się, że wykorzystywane przez nich przedmioty typu linijka, taśma miernicza, termometr rtęciowy (lekarski lub pokojowy), nie mogą być nazwane przyrządami pomiarowymi. Definicje błędu pomiaru, błędu granicznego i niepewności pomiaru wynikają automatycznie z dyskusji nad poprzednim problemem. Wykonywane przez studentów podczas zajęć pokazowe eksperymenty pomiarowe z użyciem dalmierza laserowego oraz amperomierza wskazówkowego mają na celu m.in. nauczanie prawidłowego zapisu wyniku pomiaru. Przy tej okazji przypominają oni również jak obliczać wartości względne oraz jak interpretować otrzymane liczby.

## 2.2. Wzbudzić niedosyt

Ostatnim eksperymentem, który studenci wykonują na tym wykładzie, jest wyznaczenie objętości kulki (ze starej myszki komputerowej) dwiema metodami: poprzez pomiar jej średnicy za pomocą suwmiarki (z odczytem cyfrowym) oraz z wykorzystaniem wypełnionej częściowo wodą menzurki z naniesioną podziałką pomiarową (w ml). Dwa dwuosobowe zespoły równolegle dokonują niezbędnych pomiarów i obliczeń, a wyniki zapisują na tablicy. Wzbudza to powszechne zainteresowanie i oczywistą ciekawość, czy wartości objętości mierzonej kulki będą identyczne w obu metodach. Nie zdarzyło się dotychczas, aby były one takie same, dlatego zawsze pada pytanie: który wynik jest bardziej wiarygodny i jak to uzasadnić? Od odpowiedzi na te pytania rozpocznie się kolejny wykład, o czym informuje nauczyciel, pozostawiając niezaspokojoną ciekawość studentów.

## 2.3. Sprawdzić i nagrodzić

Nabywanie umiejętności wymaga sprawdzania się i wiąże się z potrzebą skuteczności, dlatego podsumowaniem każdego wykładu jest krótki quiz, który studenci rozwiązują z użyciem swoich smartfonów. Student uzyskując pozytywny wynik z testu po zakończonym wykładzie, potwierdza własną skuteczność i kompetencję w obrębie poruszanych na nim zagadnień. Autor artykułu wykorzystuje do tego celu portal edukacyjny umieszczony na serwerze uczelni i zintegrowany z systemem USOS. Zaletą tego portalu jest bezpieczeństwo danych oraz m.in. funkcja losowej kolejności pytań dla każdego studenta. Utrudnia ona znacznie wzajemną współpracę siedzących razem na sali wykładowej studentów. W tablicy 1 zamieszczono niektóre pytania związane z materiałem pierwszego wykładu.

Każda osoba kończąca test otrzymuje od razu informację o jego zaliczeniu/niezaliczeniu oraz o liczbie uzyskanych punktów. Po uzyskaniu zgody studentów, prowadzący pokazuje na ekranie wyniki całej grupy,

a najlepsi studenci nagradzani są brawami oraz uściskiem dłoni nauczyciela.

Tablica 1. Przykładowy quiz wielokrotnego wyboru na zakończenie pierwszego wykładu.

1. Która z poniższych propozycji spełnia definicję menzurandu: a) rezystancja włókna żarówki w temperaturze 300 °C b) kształt plamy oleju na asfalcie c) temperatura płynu chłodniczego w chwili rozruchu silnika spalinowego d) kolor lakieru samochodowego w lakierni proszkowej e) poziom hałasu w walcowni o godz. 12.00 f) radość Kamila Stocha po zdobyciu złotego medalu olimpijskiego w skokach narciarskich
2. Wskaż przykłady pomiarów pośrednich: a) pomiar masy obiektu na wadze szalkowej, b) pomiar objętości kuli poprzez zanurzenie w menzurce wypełnionej wodą i wyskalowanej w ml, c) wyznaczenie powierzchni działki budowlanej (50m x 60m) za pomocą dalmierza laserowego o zakresie pomiarowym 100 m, d) pomiar wartości czasu trwania tego testu za pomocą zegara ściennego umieszczonego w tej auli, e) pomiar wartości indukcji pola magnetycznego przy pomocy teslomierza.
3. W wyniku pomiaru uzyskano wartość prądu 25 mA. Można ją wyrazić jako: a) 0,25 A b) 2500 μA c) 250 mA d) 0,0025 kA f) 25000 μA g) 25·10 <sup>-3</sup> A
4. Woltomierzem analogowym o zakresie 400 V, podziałce d=100 i klasie dokładności 2,5, zmierzono wartość napięcia skutecznego w sieci NN i otrzymano wynik 230 V. Zaznacz <u>nieprawidłowo</u> zapisany wynik tego pomiaru. a) U= 230 V; b) U = (230 ± 12) V; c) U = (230,0 ± 12,0)V; d) U = (230,0 ± 2,5) V; e) U = (230 ± 12,0) V
5. Amperomierzem cyfrowym o błędzie granicznym ±(1,5%rdg + 5D) zmierzono na zakresie 2000 mA wartość prądu w pewnej gałęzi i otrzymano wynik 1200 mA. Zaznacz prawidłowo zapisany wynik tego pomiaru. a) I = 1200 mA; b) I = (1200 ± 18) mA; c) I = (1200 ± 23) mA d) I = (1200 ± 1,9%) mA; e) I = (1200 ± 1,5%) mA

Punkty z tego i z kolejnych quizów są gromadzone w celu nabycia wymiernych korzyści: prawa posiadania notatek na egzaminie lub zwolnienia z części pisemnej egzaminu. Innym źródłem pozyskiwania punktów jest aktywność na zajęciach (m.in. udział w eksperymentach), kurs e-learningowy oraz terminowe opracowywanie sprawozdań z zajęć laboratoryjnych, które prowadzone są równolegle z wykładem w wymiarze 30 h w semestrze.

## 3. CO DALEJ?

Wykłady z metrologii na kierunku elektrotechnika (Wydział Elektryczny PB) odbywają się w semestrze letnim dlatego wysoka frekwencja na zajęciach w miesiącu marcu i kwietniu nie jest zaskoczeniem. Jednak majowa i czerwcowo aura wpływa na „ubytek” słuchaczy na tych zajęciach. Aby zminimalizować tą tendencję, autor wprowadza quizy w aplikacji Kahoot [4], która wymaga obecności na sali wykładowej, gdyż pytania są wyświetlane na ekranie projektora, a student jedynie wybiera odpowiedź w swoim smartfonie/tablecie.

Inna forma aktywizacji polega na udostępnianiu pytań testu już na początku wykładu (tzw. pierwsze podejście) oraz ponownym przeprowadzeniu testu na jego zakończenie. Pytania zawsze dotyczą zagadnień omawianych i prezentowanych na bieżącym wykładzie, stąd taki sposób przeprowadzenia testu jest swoistą premią dla osób

obecnych na sali wykładowej (liczy się zawsze wynik drugiego podejścia).

W tablicy 2 przedstawiono wyniki jednego z testów przeprowadzonego w dwóch różnych grupach wykładowych (elektrotechnika – profil ogólnoakademicki i elektrotechnika – profil praktyczny). W pierwszej umożliwiono dwa podejścia, natomiast w drugiej był on dostępny tylko na zakończenie wykładu. Z uwagi na różne liczebności obu grup (33 i 15 osób) w tabeli zamieszczono wartości względne (liczba studentów, którzy uzyskali wyniki w podanym przedziale względem liczebności danej grupy).

Tablica 2. Wyniki testu przeprowadzonego w różny sposób w dwóch grupach wykładowych (oprac. własne).

Punkty uzyskane	Profil ogólnoakademicki (dwa podejścia – w nawiasach wyniki na podstawie pierwszego podejścia)	Profil praktyczny (jedno podejście)
100-90	24,2% (0)	7,7%
89-80	39,4% (9,1%)	0
79-70	12,1% (6,1%)	7,7%
69-60	9,1% (6,1%)	7,7%
59-50	3,0% (6,1%)	7,7%
49-40	0 (6,1%)	7,7%
39-30	0 (9,1%)	23,1%
29-20	0 (27,3%)	30,8%
< 20	12,1% (30,1%)	7,7%

Pierwsze podejście przed rozpoczęciem wykładu zaliczyło (co najmniej 50 pkt.) 27,4% studentów, natomiast pozytywne wyniki w tym samym teście po zakończeniu wykładu uzyskało prawie 90% osób, z tego ponad 60% z nich na poziomie 80 pkt. i więcej. Przy jednokrotnym rozwiązywaniu testu na końcu wykładu jedynie 30% studentów uzyskało pozytywne wyniki. Test zawierał 5 pytań wielokrotnego wyboru i na udzielenie odpowiedzi przeznaczono 8 minut. Z zamieszczonych w tabeli liczb wynika, że uczestniczenie w wykładzie pozwoliło 62% studentów na poprawienie ich wyników, co może świadczyć o ich czynnym zaangażowaniu podczas tych zajęć.

Uwaga: Prowadzący nadaje w portalu uprawnienia dostępu dla całej grupy w określonym oknie czasowym. Mając dostęp do Internetu, student może rozwiązywać quiz w tym samym czasie, ale niekoniecznie w sali wykładowej. Mogło się zdarzyć, że pojedyncze osoby uczestniczyły w tym teście w sposób „zdalny”, ale fakt ten nie ma znaczącego wpływu na ogólną statystykę wyników.

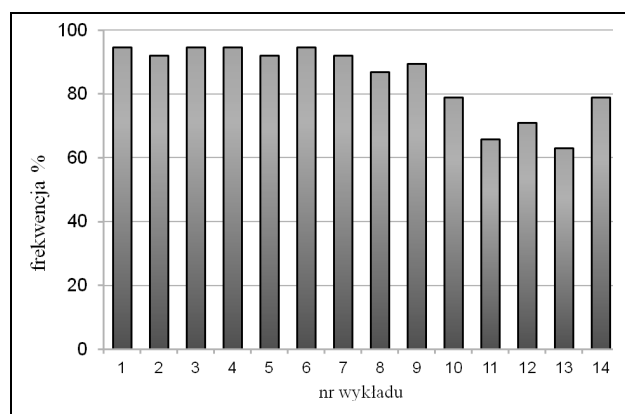
Kolejną formą aktywizacji jest skierowana do studentów (zespoły 2 osobowe) propozycja samodzielnego opracowania krótkich 10-12 minutowych prezentacji multimedialnych na wybrane tematy, np. przedstawienie wzorców napięcia, zebranie i zestawienie wartości parametrów przetworników analogowo-cyfrowych, itp. Ta forma wymaga dodatkowego zaangażowania nauczyciela, np. podczas konsultacji, gdyż oprócz uwag merytorycznych, wiele czasu trzeba poświęcić na uczenie poprawnego prezentowania problemu. Zaobserwowano zwiększone zainteresowanie studentów wystąpieniami kolegów pod warunkiem, że zachodzi to sporadycznie (maksymalnie 2-3 razy w semestrze). Nauczyciel może się narazić na zarzut delegowania prowadzenia zajęć na

studentów jeśli tego typu prezentacje będą stałym elementem każdego wykładu.

#### 4. FREKWENCJA I EGZAMIN

Wszystkie wysiłki nauczyciela związane z aktywizacją studentów powinny prowadzić do takich ich zachowań, które spowodują uzyskanie konkretnych osiągnięć [5]. Należą do nich pozytywne wyniki z testów oraz zdanie końcowego egzaminu.

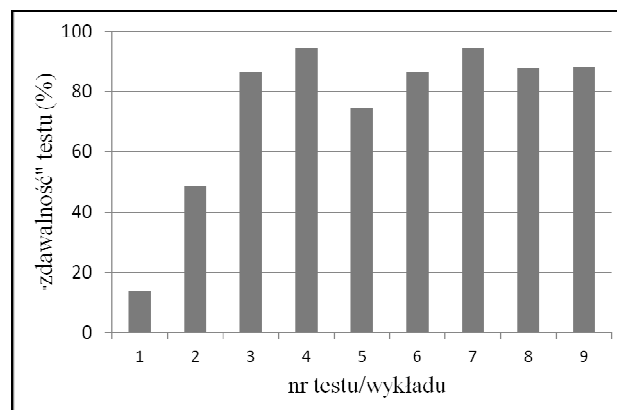
Na rysunku 1. przedstawiono frekwencję studentów na kolejnych wykładach z metrologii w semestrze letnim 2018/2019. Na ostatnim 15. wykładzie przeprowadzono egzamin „0”, dlatego nie został on tutaj uwzględniony. Liczbę obecnych na zajęciach studentów odniesiono do liczebności całej grupy.



Rys. 1. Wykres frekwencji studentów na kolejnych wykładach z metrologii w semestrze letnim 2018/2019 (oprac. własne)

Z uwagi na fakt, iż wykład ten odbywał się w godzinach rannych (8.30-10.00), co mogło wpływać na zmniejszenie obecności studentów na tych zajęciach, można na podstawie powyższego wykresu stwierdzić, że studenci chętnie w nim uczestniczyli, być może widząc w tym dla siebie konkretne korzyści.

Na rysunku 2 pokazano „zdawalność” testów na kolejnych wykładach z tego przedmiotu (autor przeprowadził 9 testów, począwszy od pierwszych zajęć).



Rys. 2. Wykres liczby studentów, którzy zaliczyli dany test, względem liczby osób do niego przystępujących na kolejnych 9 wykładach z metrologii (oprac. własne)

Ponieważ pierwszy test odbywa się już na pierwszym wykładzie, więc słaby jego wynik można tłumaczyć pewnym zaskoczeniem studentów tą formą cząstkowej ewaluacji. Potwierdzeniem tego faktu są więcej niż dobre

wyniki na kolejnych zajęciach. Na przedstawionym wykresie widoczny jest swoisty „stan nieustalony” wspomnianej „zdawalności”. Warto też zwrócić uwagę, że pomimo (zapowiedzianego) braku testów po 9 wykładzie, frekwencja przez następne tygodnie spadła tylko nieznacznie, co świadczy, że przeprowadzane sprawdziany nie były najważniejszym powodem obecności studentów na tych zajęciach.

Do egzaminu końcowego w pierwszym terminie (czerwiec 2019) przystąpiły 32 osoby, z których 19 (59,4%) otrzymało ocenę pozytywną. W poprzednim roku akademickim (czerwiec 2018), przy podobnym prowadzeniu wykładu z metrologii, z przystępujących do egzaminu 79 studentów, jedynie 11 (13,9%) otrzymało ocenę negatywną.

## 5. PODSUMOWANIE

Dobrze opracowane scenariusze pierwszego i kolejnych wykładów niewątpliwie mają duże znaczenie dla sposobu i jakości przyswajanej przez studentów wiedzy oraz nabywanych umiejętności. Jednak to zaangażowanie nauczyciela i jego osobowość wpływa na poziom ich frekwencji na (nieobowiązkowych) zajęciach wykładowych. W ramach tego artykułu nie sposób jest przedstawić wszystkie niuanse prowadzonych zajęć. W tematach z dziedziny metrologii, która jest mocno związana z naszym codziennym życiem, można utrzymywać uwagę studentów poprzez częste odwołania do ich doświadczenia (kupowanie produktów na wagę, pomiar temperatury ciała, mierzenie odległości, prędkości, itp.) lub wiedzy ogólnej (m.in. omawiając związek pomiędzy dokładnością pomiaru czasu i celnością rakiet samonaprowadzających się), albo przywołując kontekst historyczny (pierwsze pomiary prędkości światła, pomiar natężenia prądu przez G.S. Ohma bez użycia amperomierza, itd. [6]).

Bardzo ważne jest też nawiązywanie do aktualnych wydarzeń (100-lecie Głównego Urzędu Miar, wprowadzenie od 20 maja 2019 r. nowego wzorca masy, itp.) oraz pokazywanie jak metrologia wpływa na rozwój technologiczny [7]. Wzmianka o swoistym chaosie w dziedzinie miar i wag w pierwszych latach niepodległej Polski (1918-1920), który był spowodowany odziedziczeniem różnych systemów miar obowiązujących w państwach zaborczych, wywołuje ogromne zainteresowanie studentów. Chociaż nie ma tego typu zagadnień w pytaniach egzaminacyjnych, to wiedza z tego zakresu ma wpływ na postrzeganie poziomu wykształcenia przyszłego inżyniera.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Kożusznik B., Polak J.: Uczyć z pasją. Wskazówki dla nauczycieli akademickich, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2014.
2. Regulamin studiów Politechniki Białostockiej, <https://bip.pb.edu.pl/?event=kategoria&id=16>.
3. Niedzicki W.: Sztuka prezentacji w nauce i biznesie, Wydawnictwo Poltext, Warszawa 2010.
4. Create Kahoot! <https://create.kahoot.it/login?next=%2Fkahoots%2Fmy-kahoots> (dostęp 5.07.2019)
5. Rawa-Kochanowska A.: Motywowanie w e-nauczaniu – z doświadczeń praktyka, E-mentor nr 4 (46) / 2012.
6. Wróblewski A.K.: Historia fizyki, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 2006 (s. 297).
7. Metrologia i probiernictwo. Biuletyn Głównego Urzędu Miar, wybrane artykuły z roczników 2017-2019.

## ACTIVATING STUDENTS ON LECTURES OF METROLOGY

The paper presents the way of conducting a lecture on metrology that forces the active work of students during classes. The importance of proper conducting of the first lecture in a semester, which is usually attended by almost all enrolled students, has been especially emphasized. Attention was drawn to the role of tests motivating students to actively participate in classes. The two methods of providing the test are presented and their results of the test carried out in two different groups were compared. One with a two-fold approach - at the beginning and end of the course; the other only at the end of the class. The students' attendance at the classes together with the tests results at subsequent lectures has been discussed. Author draws attention to the great interest of students in historical references and showing the links between the content of the lecture and current events. In the summary, the additional elements increasing students' interest and activating their attitudes were pointed out.

**Keywords:** motivating students, partial evaluation, on-line tests, the art of teaching.