Wirtualna politechnika

Otwarte kursy internetowe w edukacji przyrodniczo-technicznej

Marcin Zaród

Streszczenie:

Artykuł prezentuje genezę i ofertę dydaktyczną masowych otwartych kursów internetowych – Massive Open Online Courses (MOOC) dostępnych na platformach Coursera, Udacity i EdX. Jako studium przypadku zostaje przeanalizowany kurs elektroniki 6.002x prowadzony przez Massachusetts Institute of Technology. Przedmiotem analizy metodycznej są: program, sposób konstrukcji zadań, mechanizm weryfikacji wiedzy i strona techniczna kursu. Przedstawiono propozycje użycia poszczególnych kursów w nauczaniu fizyki, chemii, biologii, matematyki i informatyki oraz w doradztwie zawodowym związanym z tymi dziedzinami. Omówiono przykłady zastosowania kursów do doskonalenia zawodowego nauczycieli.

Key words: masowe kursy internetowe (MOOCs), kurs elektroniki 6.002x, nauczanie przedmiotów przyrodniczych, praktyka szkolna, doskonalenie zawodowe nauczycieli

otrzymano: 4.01.2013; przyjęto: 4.02.2013; opublikowano: 4.03.2013

mgr inż. Marcin Zaród: pracownik Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, stażysta w Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych IBE, edukator w programie „Za rękę z Einsteinem"; współpracownik łódzkiej świetlicy „Krytyki Politycznej" i Fundacji Nowoczesnej Edukacji „SPUNK"

Wprowadzenie i metodyka pracy

Upowszechnienie Internetu zmieniło rolę szkoły i całego systemu edukacyjnego. Nauczyciel i podręcznik nie są już głównymi źródłami wiedzy. Podobnie jak każde medium, Internet również może być wykorzystany do wspomagania dydaktyki. Szybkość zmian technologicznych i brak odpowiednich narzędzi badawczych sprawia, że opracowania naukowe dotyczące nowych narzędzi są rzadko spotykane.

Masowe kursy internetowe – Massive Open Online Courses (MOOC), jako zjawisko stosunkowo nowe, nie doczekały się jak dotąd opisu naukowego ani nawet obserwacji metodycznych. Jako zjawisko nowe i dynamicznie rozwijające się, kursy te nie zostały w żaden sposób omówione w polskiej literaturze metodycznej lub naukowej.

W poniższym artykule pokażę, w jaki sposób polscy uczniowie i uczennice mogą bezpłatnie uczestniczyć w zajęciach prowadzonych według programów najlepszych uczelni na świecie (np. Massachusetts Institute of Technology; Harvard University; University of California, Berkeley). Spróbuję również pokazać, jak wykorzystać elementy metodyki MOOC do wzbogacenia zajęć edukacji matematyczno-przyrodniczej w szkołach średnich i technikach elektronicznych. Przedstawię również perspektywę zastosowania elementów MOOC przez szkolnych doradców zawodowych.

Brak teorii i odpowiedniego zaplecza badawczego (np. standaryzowanych ankiet, wzorców wywiadu) ogranicza perspektywę pracy do obserwacji uczestniczącej. W celu rozszerzenia perspektywy przeprowadziłem 20 rozmów internetowych z uczestnikami i uczestniczkami tego kursu. Jedynie dwoje rozmówców było narodowości polskiej. Rozmowy, podobnie jak kurs, były prowadzone w języku angielskim.

Kurs 6.002x został wybrany i opisany jako przykład dobrej praktyki ze względu na interesujący materiał i ciekawe rozwiązania metodyczne. Pozostałe kursy zostały wskazane na podstawie przeglądu ich zawartości (dostępnej dla kursanta zaraz po zapisaniu się) i konstrukcji.

Rys historyczny

Pierwsze internetowe materiały edukacyjne przypominały cyfrowe wersje książek, oparte głównie na tekście. Potem, w miarę rozszerzania przepustowości i skali sieci, coraz powszechniejsze stawały się zdjęcia i filmy. W latach 1999–2004 część uczelni światowych włączyła się w ruch otwartych zasobów edukacyjnych (OpenCourseWare), publikując materiały dydaktyczne całych kursów uniwersyteckich. Do najpopularniejszych zasobów OCW należą wykłady podstaw fizyki prowadzone przez prof. Waltera Lewine z MIT. Najważniejsze daty w historii e-learningu zostały zebrane w tabeli 1.

Tabela 1. Ważne daty w historii edukacji internetowej

Rok	Wydarzenie
1999	Eberhard Karls Universität Tübingen udostępnia zasoby edukacyjne w formie OCW.
2002	Uruchomienie bazy zasobów edukacyjnych OCW na MIT.
2003	Uruchomienie chińskiego projektu otwartych zasobów edukacyjnych CORE.
2006	Powstanie Khan's Academy.
2011	Ponad 100 tysięcy uczestników bierze udział w kursie internetowym na Stanford University. Kurs stanie się zalążkiem platformy Coursera.
2012	Powstają platformy edukacyjne Coursera, EdX i Udacity.

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

W zależności od uczelni i wykładowcy, OCW obejmują także filmy z wykładów wzbogacone o konspekty zajęć i zadania. Większość materiałów to udostępniona bezpłatnie cyfrowa wersja treści przygotowanych na potrzeby zwykłych zajęć akademickich. Materiały te nie obejmują zaliczeń online lub innych form obustronnej komunikacji. Wiedza udostępniona w tej formie przypomina tradycyjne podręczniki, wzbogacone jedynie o warstwę multimedialną.

Rozwinięciem koncepcji OCW są masowe otwarte kursy internetowe (Massive Open Online Course). W przeciwieństwie do OCW kursy MOOC są od początku projektowane do wykorzystania w Internecie. Zgodnie z nazwą materiały tworzą spójny kurs internetowy, a nie są wyłącznie cyfrową wersję materiałów z kursu tradycyjnego. Podmiotem prowadzącym kurs są firmy (np. platforma Coursera) lub organizacje non-profit (np. platformy Udacity i EdX). Uczestnictwo w kursach oferowanych przez te trzy platformy jest bezpłatne, ale część kursów pobiera opłatę za wystawienie certyfikatu zakończenia.

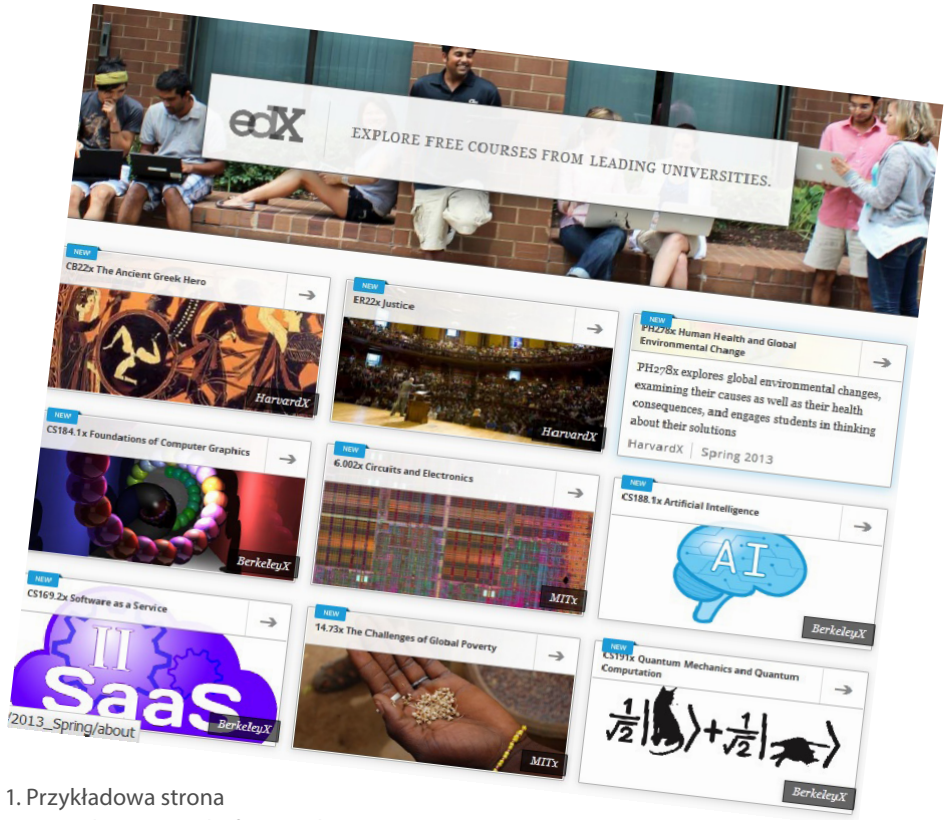
Charakterystyka ogólna MOOC

Większość kursów oferowanych w ramach MOOC dotyczy informatyki, fizyki, chemii i innych dziedzin przyrodniczo-technicznych. Wszystkie trzy platformy MOOC zostały stworzone przez badaczy dziedzin przyrodniczych, co wpłynęło na pierwsze programy kursów.

Największą różnorodność kursów oferuje platforma Coursera, na której dostępne są również kursy związane z humanistyką. Platformy EdX i Udacity charakteryzują się mniejszą liczbą dostępnych przedmiotów, ale bardziej jednorodnych pod względem organizacji treści (podobny system zaliczeń i organizacji zajęć). Oferta platform EdX i Coursera to elektroniczne adaptacje kursów tradycyjnych. Jedynie część kursów dostępnych na Udacity powstała bez tradycyjnego odpowiednika na konkretnej uczelni.

MOOC korzystają z dorobku metodycznego klasycznych kursów akademickich, ale główną różnicą jest liczba osób uczestniczących. Z oferty platformy Coursera skorzystało ponad 2 mln ludzi. Pierwszy kurs w ramach platformy EdX rozpoczęło ok. 150 tys. osób, z których ukończyło go jedynie 7 tys.

Pomimo akademickiego charakteru część uczestników jest w wieku przedmaturalnym. Ci, z którymi rozmawiałem, mówili o „chęci sprawdzenia danej dziedziny", „przetestowania danego kierunku studiów" i „chęci zerknięcia na prawdziwą naukę".



Ryc. 1. Przykładowa strona z propozycją kursów (z platformy edX)

W przypadku tak dużej skali problemem jest sposób weryfikacji wiedzy i naboru uczestników. Konieczna jest automatyzacja sprawdzania poprawności rozwiązań zadań i projektów. Kontakt uczestników z kadrą kursu jest ograniczony do zapytań na forum internetowym. W części przypadków ramy czasowe kursu są określone, a uczestnicy muszą co tydzień oddawać rozwiązania zadań i projekty zaliczeniowe. Niektóre kursy na platformie Coursera (szczególnie w zakresie nauk humanistycznych) korzystają również z oceny tekstów prowadzonej przez pozostałych uczestników kursu (tzw. *peer review*).

Oprócz różnic pomiędzy platformami, kursy różnią się w zależności od osoby prowadzącej i edycji. W obrębie jednej platformy wspólny jest ogólny interfejs otwierany w przeglądarce internetowej. W Udacity, uczestnik ma dostęp do wszystkich wykładów od samego początku.

W zależności od tematyki kursu, od uczestników wymagany jest różny nakład pracy. Według wykładowców ukończenie kursów na platformach Coursera i EdX wymaga poświęcenia od 6 do 16 godzin w tygodniu. Obserwacje własne i dyskusje z innymi kursantami potwierdzają te szacunki.

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

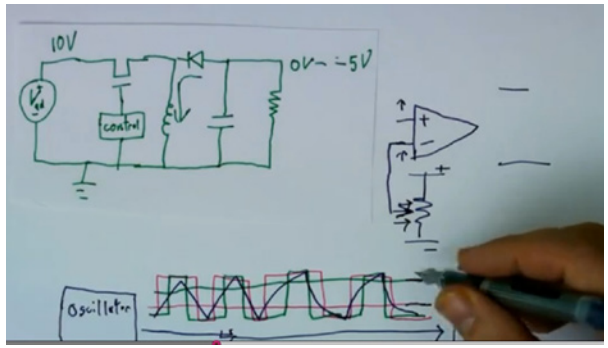
Studium przypadku: Kurs 6.002x – *Circuits and electronics*

Organizacja nauki

Kurs rozpoczął się od wykładu wprowadzającego udostępnionego 5 września 2012 r. Ostatni wykład został udostępniony 3 grudnia, a sam kurs zakończył się egzaminem końcowym 20 grudnia. Kurs składał się z 14 tygodni wykładów i 2 tygodni przerw egzaminacyjnych. Brałem udział w zajęciach na prawach zwykłego uczestnika.

Kierownikiem kursu i autorem wykładów był prof. Anand Agarwal. W sumie kurs przygotowało dziewięć osób personelu dydaktycznego i dwie osoby personelu technicznego. Wszyscy twórcy kursu są pracownikami lub studentami MIT.

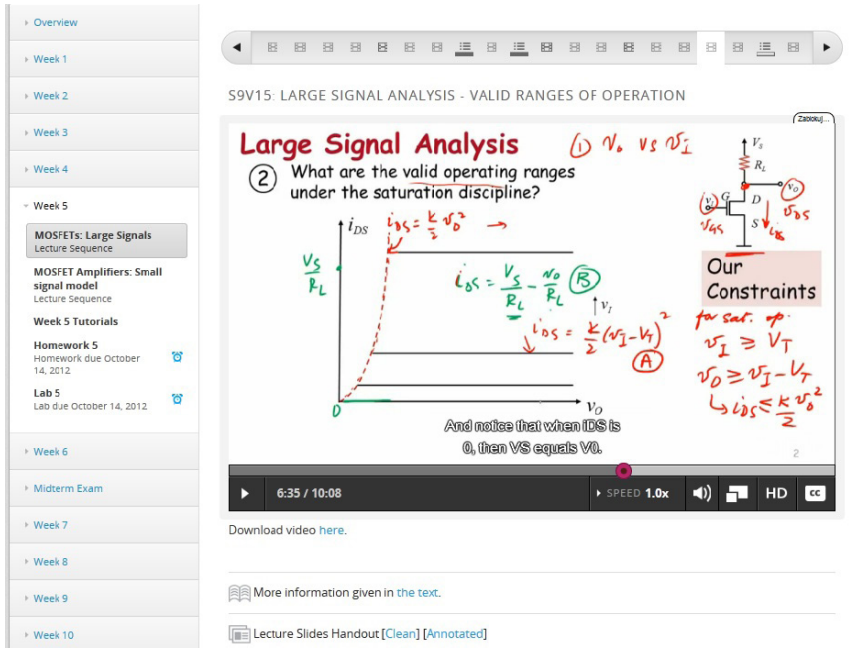
W każdym z tygodni wykładowych udostępniano dwa wykłady trwające po ok. 90 minut. Wykłady były podzielone na części trwające po ok. 10 minut. Większość z części kończyła się pytaniem sprawdzającym wiedzę, eksperymentem myślowym lub zadaniem obliczeniowym. Wykłady były prowadzone w języku angielskim; istniała możliwość włączenia napisów w tym samym języku.



Ryc. 2. Projektowanie układu oscylującego

Całość prac związanych z kursem (włącznie z częścią laboratoryjną) była realizowana za pomocą przeglądarki internetowej. Istniała możliwość zapisania na własnym komputerze filmów i notatek. Dodatkowo udostępniono podręcznik akademicki, materiały studenckie z poprzedniej edycji i notatki wykładowców.

Oprócz części obowiązkowej, obejmującej wykłady, laboratoria i prace domowe, kurs oferował też zajęcia fakultatywne. W ramach tych zajęć wykładowcy pokazywali dodatkowe zadania, ciekawe układy pomiarowe i przykłady zastosowania wiedzy kursowej w praktyce (ryc. 2). Tego rodzaju dodatkowe materiały były nagrywane i prezentowane w różnej formie (ujęcia filmowe tabletu, tablicy, pulpitu laboratoryjnego i sali wykładowej). Wszystkie elementy kursu były połączone interfejsem widocznym na ryc. 3.



Ryc. 3. Widok interfejsu EdX w trakcie wykładu

Program

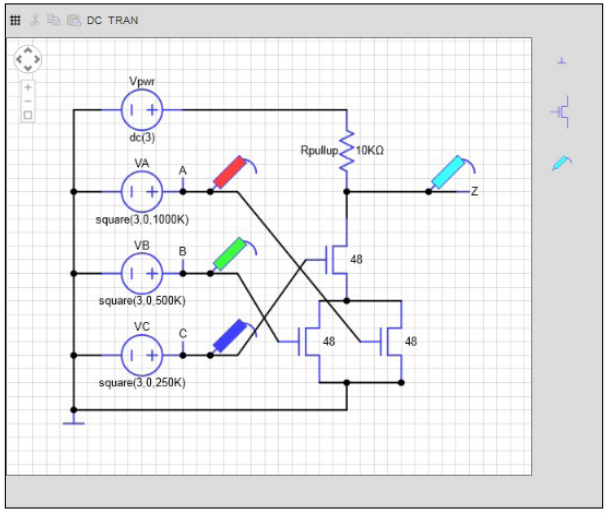
Program kursu internetowego odpowiada kursowi 6.002, czyli zajęciom wstępnym z elektroniki, elektrotechniki i informatyki na MIT. Materiał rozpoczynał się od klasycznych problemów układów prądu stałego (od równań Maxwella, przez równania Kirchoffa aż po metodę Thevenina). Jednak zamiast rozwijać materiał w stronę układów prądu zmiennego, kurs wprowadził podstawy logiki cyfrowej i prostych modeli tranzystorów polowych MOSFET.

W pierwszych dwóch tygodniach silny nacisk został położony na fizyczną genezę teorii obwodów i płynność granicy między układem logicznym (perspektywa informatyczna) a jej odpowiednikiem fizycznym.

Obwody RLC, filtry, zagadnienia rezonansu i tłumienia były przewidziane w drugiej części kursu. Prowadzący zaczął od różniczkowo-całkowego opisu w dziedzinie czasu. Tygodnie od 6. do 9., kiedy zadania wymagają korzystania z rachunku różniczkowego i całkowego, moi rozmówcy określili jako „najtrudniejszy okres w całym kursie" lub „piekielny miesiąc".

Pomimo dużej ilości analizy matematycznej, żadne z zadań nie wymagało rozwiązywania całego równania różniczkowego w formie matematycznej. Większość pytań dotyczyła równań charakterystycznych, które nie wymagają tak dużej biegłości w analizie matematycznej. Równania takie możliwe są do rozwiązania przy użyciu

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013



Ryc. 4. Projekt zaliczeniowy – układ realizujący zadane operacje logiczne

wiedzy matematycznej przewidzianej w podstawie programowej z matematyki dla szkoły średniej (poziom podstawowy – równania kwadratowe).

Nagromadzenie elementów trudnych matematycznie w tych 4 tygodniach oceniam jako celowy zabieg dydaktyczny. Po problemach opisu różniczkowego zalety modelu impedancyjnego (opartego na prostszych matematycznie liczbach urojonych) były szczególnie widoczne. Moi rozmówcy ocenili ten zabieg jako „dodatkową motywację do poznania podejścia impedancyjnego".

W tygodniach 10. i 11. największym wyzwaniem były zadania projektowe, wymagające projektowania filtrów o małej tolerancji (ryc. 4 i 5).

Kurs pokazywał też zastosowania teorii obwodów RLC w innych dziedzinach, np. do analizy wchłaniania leków, transmisji ciepła w budynkach lub konstrukcji amortyzatora. Tego rodzaju myślenie interdyscyplinarne jest rzadko spotykane w innych kursach elektroniki.

Ostatnie tygodnie koncentrowały się na konstrukcji wzmacniaczy operacyjnych i ich wykorzystaniu do przetwarzania sygnałów na granicy techniki analogowej i cyfrowej. Ostatni wykład pokazywał granice stosowalności różnych modeli. W ten sposób pokazano istnienie osobnej klasy problemów, wymagających podejść innych niż poznane przez uczestników.

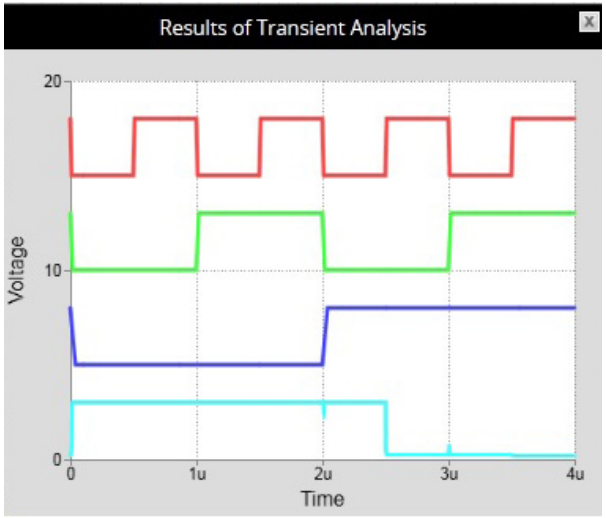
Cechą szczególną programu kursu 6.002x był nacisk na szeroki kontekst zastosowań modeli elektronicznych i kształcenie intuicji elektronicznych. Wiele z pytań dotyczyło szukania prawidłowości w modelach i oceny parametrów bez użycia opisu matematycznego.

Mechanizmy weryfikacji wiedzy

W trakcie 12 pierwszych tygodni kursu uczestnicy byli zobowiązani do rozwiązania zadań domowych i problemów pomiarowo-projektowych. Na każdy zestaw zadań domowych składało się od dwóch do pięciu zadań związanych z tematyką wykładu. Od udostępnienia wykładu do oddania pracy domowej uczestnicy i uczestniczki mieli ok. 2 tygodni.

Ocena końcowa (zob. ryc. 6) kursu była średnią ważoną ocen z prac domowych, laboratoriów, egzaminu połówkowego i końcowego (wagi odpowiednio: 15%, 15%, 30%, 40%). Warunkiem uzyskania zaliczenia było osiągnięcie co najmniej 60% z całości, bez minimalnych wymagań części składowych. Powyżej poziomu 70% znajdował się drugi zakres oceny. Najwyższy poziom zaczynał się od 90%.

Każda z prac domowych obejmowała od trzech do pięciu zadań, z których każde miało od dwóch do sześciu ocenianych niezależnie podpunktów. Za każdy podpunkt można było uzyskać 0 lub 1 punkt. W sumie każda praca domowa wymagała udzielenia od 10 do 22 odpowiedzi. Szacuję, że w 40% wszystkich zadań wymagano odpowiedzi w formie liczb. W 40% oceniano wyprowadzenia w formie ogólnego wzoru (automatyczne ocenianie dobrze sobie radziło z różnymi formami zapisu). Pozostałe 20% to zadania związane z czytaniem lub przyporządkowywaniem wykresów.

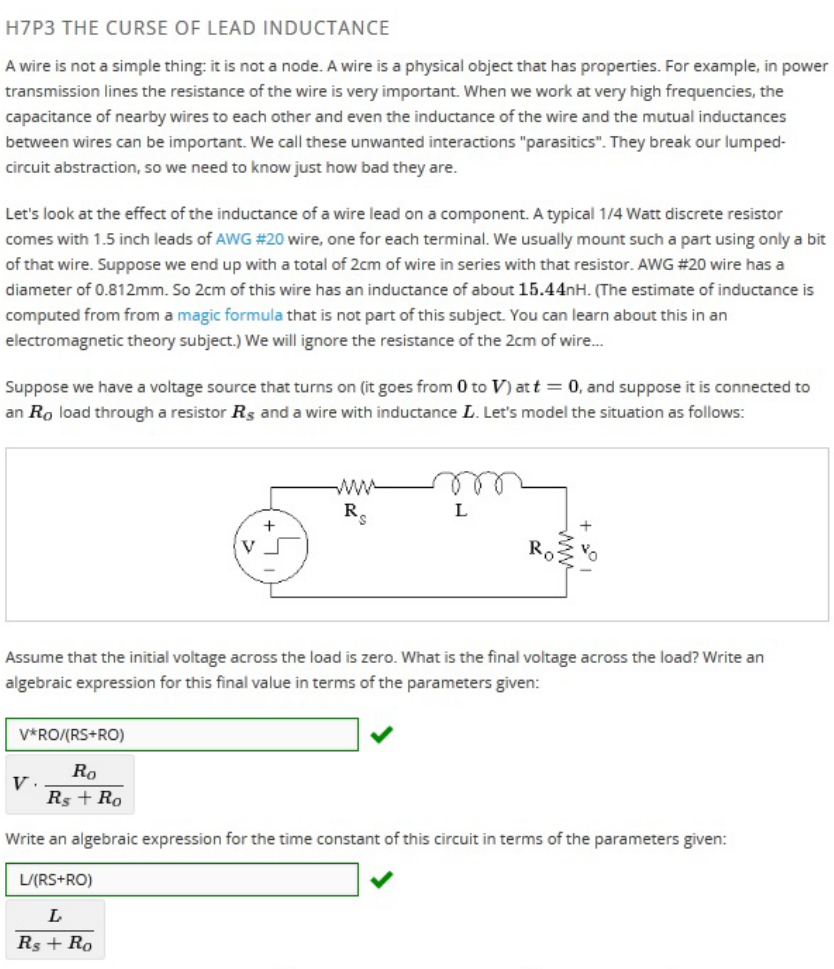


Ryc. 5. Analiza napięć w projekcie zaliczeniowym była jednym z kryteriów oceny

Laboratoria były oceniane niezależnie od prac domowych. Można je podzielić na pomiarowe i projektowe. W częściach pomiarowych oceniane było wyznaczenie parametrów na podstawie analizy danego obwodu.

Ryc. 6. Sposób prezentacji wyników w kursie EdX na przykładzie postępów autora

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013



H7P3 THE CURSE OF LEAD INDUCTANCE

A wire is not a simple thing: it is not a node. A wire is a physical object that has properties. For example, in power transmission lines the resistance of the wire is very important. When we work at very high frequencies, the capacitance of nearby wires to each other and even the inductance of the wire and the mutual inductances between wires can be important. We call these unwanted interactions "parasitics". They break our lumped-circuit abstraction, so we need to know just how bad they are.

Let's look at the effect of the inductance of a wire lead on a component. A typical 1/4 Watt discrete resistor comes with 1.5 inch leads of AWG #20 wire, one for each terminal. We usually mount such a part using only a bit of that wire. Suppose we end up with a total of 2cm of wire in series with that resistor. AWG #20 wire has a diameter of 0.812mm. So 2cm of this wire has an inductance of about 15.44nH. (The estimate of inductance is computed from from a magic formula that is not part of this subject. You can learn about this in an electromagnetic theory subject.) We will ignore the resistance of the 2cm of wire...

Suppose we have a voltage source that turns on (it goes from 0 to V) at $t = 0$, and suppose it is connected to an R_O load through a resistor R_S and a wire with inductance L. Let's model the situation as follows:

Assume that the initial voltage across the load is zero. What is the final voltage across the load? Write an algebraic expression for this final value in terms of the parameters given:

V*RO/(RS+RO)

$$V \cdot \frac{R_O}{R_S + R_O}$$

Write an algebraic expression for the time constant of this circuit in terms of the parameters given:

L/(RS+RO)

$$\frac{L}{R_S + R_O}$$

Now, let's get down to numbers. Let $V = 1.8$V, $R_S = 22.0\Omega$, $R_O = 50.0\Omega$, and $L = 15.44$nH. How much time, in nanoseconds, does it take for the output voltage to reach $v_O = 0.9$V?

Ryc. 7. Przykład ocenionego zadania

Uczestnik sam wskazywał rodzaj i zakres pomiaru, czasami wymagane było również uzupełnienie obwodu o jakiś element. W zadaniach projektowych uczestnik projektował obwód z danych elementów. Przedmiotem oceny była np. zgodność przebiegów układu projektowanego z kryteriami. Proporcja zagadnień projektowych do pomiarowych wynosiła ok. 1:1. Laboratoria były podzielone na mniejszą liczbę części niż prace domowe. Rozwiązanie tygodniowego zestawu „laboratorium plus praca domowa" zajmowało mi przeciętnie około 4 godzin w tygodniu, niezależnie od czasu koniecznego do obejrzenia i opanowania wykładów.

Większość punktów niezbędnych do zaliczenia kursu można było zdobyć na dwóch egzaminach. Pierwszy obejmował połowę materiału, drugi całość. Egzaminy składały się z sześciu zadań, z czego trzy były wcześniej obecne w pracach domowych. Za dwa najprostsze zadania można było uzyskać łącznie 17 punktów na 29 (lub 28 w przypadku egzaminu końcowego) możliwych. Następne trzy zadania były umiarkowanie trudne i dawały 8 punktów. Ostatnie zadanie, warte 4 punkty, było najtrudniejsze. Na rozwiązanie egzaminu uczestnicy mieli 24 godziny. Odpowiedzi do każdego z zadań można było zgłaszać maksymalnie trzy razy, za każdym razem uzyskując informację o poprawności odpowiedzi (ryc. 7).

Podobnie jak w przypadku kursu standardowego, dozwolone było korzystanie z książek i notatek, ale zabronione było konsultowanie odpowiedzi z innymi osobami. W przypadku kursu internetowego wymaganie to było egzekwowane słowem honoru i podpisaniem odpowiedniej deklaracji. Co ciekawe, jedno z zadań na każdym egzaminie było możliwe do rozwiązania w sposób eksperymentalny, przy pomocy dostępnego dla studentów narzędzia do modelowania obwodów.

Uwagi metodyczne

Podzielenie wykładów na mniejsze fragmenty ułatwia przyswojenie materiału i rozplanowanie pracy własnej. Taka forma organizacji materiału (5–10 minut wykładu, następnie 5 minut sprawdzenia i pracy własnej) była bardzo efektywna pod kątem zapamiętywania i przyswajania materiału. Rozmówcy ocenili ją jako sprzyjającą powtarzaniu i organizacji nauki. Metoda ta jest stosowana również w trakcie tradycyjnego odpowiednika kursu 6.002x.

Istotną przewagą wersji cyfrowej nad tradycyjną jest możliwość powtórnego odtworzenia trudniejszych fragmentów i przerwy w wykładach mające na celu sprawdzenie rozumienia aktualnego tematu. Uczestnik miał możliwość poznania prawidłowej odpowiedzi na pytanie sprawdzające, bez konsekwencji udzielenia błędnej odpowiedzi.

Większość wykładów stanowiły nagrania głosowe ilustrujące treści pisane w tym samym czasie na tablecie lub tablicy multimedialnej. Wywód był pisany i rozwijany w trakcie trwania wykładu, tak jak na zwykłej tablicy szkolnej. Zaletą takiego sposobu prezentacji jest możliwość podążania za tokiem rozumowania, co ułatwia zapamiętywanie osobom z przewagą pamięci wzrokowej. Wadą – wskazywaną przez niektórych rozmówców – była duża ilość informacji gromadzących się na niektórych slajdach i drobne pomyłki prowadzącego. Dodanie filmów i informacji rozszerzających kontekst wykładów ułatwiało zrozumienie treści podstawowych.

W ocenie moich rozmówców najciekawszy był cyfrowy model wzmacniacza muzycznego (dostępny dla

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

każdej osoby uczestniczącej w kursie), pokazujący jak brzmienie różnych gatunków muzyki zależy od ustawień elementów elektronicznych wzmacniacza.

Zadania zaliczeniowe były skonstruowane tak, aby maksymalnie zachęcić do dalszych prób. Niepoprawne odpowiedzi można było poprawiać dowolną liczbę razy, aż do upływu terminu. Błędne odpowiedzi nie powodowały obniżenia punktów. Dodatkowo, dwie najsłabiej ocenione prace domowe i laboratoria każdego z uczestników nie były brane pod uwagę w ocenie końcowej. W ten sposób minimalizowany był wpływ zdarzeń losowych. Po upływie terminu publikowano rozwiązania zadań w formie szczegółowego opisu. Nie była to wyłącznie poprawna wartość, ale np. opis metody i równania prowadzące do rozwiązania (ryc. 8 pokazuje przykładowe omówienie zadania pokazanego na ryc. 7).

Oddanie pracy domowej polegało na wypełnieniu pól w przeglądarce i naciśnięciu przycisku sprawdzającego. Uczestnik otrzymywał natychmiastową ocenę. Ze względu na automatyzację była ona ograniczona do: „dobrze", „źle", „błąd wprowadzenia".

Aby zminimalizować negatywny efekt związany z małą informacją zwrotną, każde z zadań domowych było podzielone na kilka pytań cząstkowych pokazujących tok rozumowania. Zadania często były skonstruowane w formie narracyjnej, często nawet z humorystycznym komentarzem autora. Odpowiadanie na poszczególne podpunkty przypominało cały tok rozumowania, zacierający granicę między zadaniem a podręcznikiem (zob. ryc. 7).

Przystępność formy była wskazana, ponieważ pod względem trudności zadania były dość wymagające. Większość problemów wynikała z konieczności użycia nowej wiedzy, dostrzeżenia prawidłowości lub uogólnienia a nie z trudności obliczeń matematycznych. Uczestnicy kursu ukuli określenie „moment aha" – oznaczające kluczową obserwację, po której zadanie robi się proste. Szacuję, że około 60% zadań domowych opierała się na takim samorozwoju. W 20% problemem było dobranie pokazanego w zadaniu wykresu lub modelu do zadanej sytuacji. Pozostałe zadania to głównie problemy doskonalące intuicję lub stosowanie metod pomocniczych.

EXPLANATION:

To calculate the final, steady-state DC value of the output voltage, we must first understand what happens to an inductor during DC steady state. We know that the voltage across an inductor is related to the rate of change of its current.

$$v_L = L \cdot \frac{d(i_L)}{dt}$$

In the DC steady-state, the system has reached equilibrium. The current is no longer changing, and the inductor has zero voltage drop, making it "invisible" to the rest of the circuit. Therefore in steady-state DC analysis, we can simply replace the inductor with a short circuit. The final output voltage is the voltage divider expression:

$$V_O = \frac{R_O}{R_O + R_S} \cdot V$$

To calculate the time constant of this circuit, we note that the arrangement is identical to the first part of H8P2. The time constant should be $\frac{L}{R}$, calculated using the Thevenin resistance at the terminals of the inductor:

$$\tau = \frac{L}{R_S + R_O}$$

We would like to calculate how long it takes for the output voltage to reach the 0.9 V. First we know that the equation for the current through the circuit is:

$$v_O = V_O(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$$

Where V_O and τ are defined according to the above equations. If we define the time when v_O reaches 0.9 as $t = t_0$, we can write:

$$0.9 = V_O(1 - e^{\frac{-t_0}{\tau}})$$

Ryc. 8. Omówienie rozwiązania zadania

Zastosowanie kursów MOOC w polskiej edukacji

Rodzaje zastosowań

Kursy opracowywane są na podstawie programów zajęć wiodących dydaktyków na świecie. Ich wnioski są uzupełniane o badania wyników dużych grup uczestników w kolejnych edycjach kursów. Moi rozmówcy informowali mnie o użyciu MOOC do wzbogacenia programu szkół średnich w Mongolii, Indiach i USA. W połączeniu z międzynarodowym charakterem wiedzy przyrodniczej prowadzi to do tezy o możliwości zastosowania kursów MOOC również w polskich warunkach. Poniższy rozdział stanowi próbę ogólnej klasyfikacji zastosowań, propozycje zastosowań konkretnych kursów zostaną podane w rozdziałach dotyczących konkretnych przedmiotów.

Kurs MOOC może być użyty do **organizacji kółka przedmiotowego**, przygotowującego uczestników do studiów wyższych o odpowiednim profilu. Kursy są często oparte na zajęciach wprowadzających do danej dziedziny, mogą być zatem formą rozbudowania programu w klasach o profilu akademickim.

Ze względu na duży nakład pracy wymagany od uczestników, najlepszą formą byłoby nauczanie mieszane (tzw. *blended learning*). Uczniowie mogą oglądać wykłady kursowe w ramach prac domowych. Zadania i projekty wymagane przez kurs byłyby rozwiązywane

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

wspólnie, w formie warsztatów lub dyskusji. Zaletą takiego podejścia jest mniejszy nakład pracy wymagany od osoby uczącej, bo wszystkie elementy kursu są prezentowane i sprawdzane przez platformę. Nauczyciel może wtedy ograniczyć się do roli moderatora warsztatów i wyjaśniania najtrudniejszych elementów. Wskazane jest tylko, aby osoba prowadząca zajęcia ukończyła wcześniejszą edycję kursu, co ułatwi jej tłumaczenie materiału.

Uczestnictwo nauczyciela w kursie może być traktowane jako **forma wzbogacenia jego wiedzy przedmiotowej**. Pierwszą zaletą jest możliwość powtórzenia lub poznania materiału związanego z odpowiednią dziedziną. Szczególnie cenne jest to dla pedagogów, którzy ukończyli podyplomowe studium pedagogiczne. Studia podyplomowe, ze względu na krótszy czas trwania, nie zawsze mogą skupić się na detalach i najnowszych odkryciach danej dziedziny. Jednak taka forma powtórki może być cenna nawet dla nauczycieli uczących dziedziny, którą studiowali. Znajomość przedmiotów wstępnych daje też nauczycielom informację o tym, jakiej wiedzy od licealistów oczekują uczelnie wyższe.

Drugą korzyścią z uczestnictwa jest kontakt z dopracowaną metodyką. Wiedza prezentowana na kursach może leżeć poza możliwościami uczniów. Jednak dla nauczyciela cenna jest również dobra praktyka metodyczna. Sposoby formułowania zadań domowych, omówienia rozwiązań, dobór eksperymentów do danej teorii – każdy z tych elementów może być źródłem **dobrej praktyki metodycznej**. Nauczanie w szkole średniej różni się oczywiście od nauczania na studiach wyższych, jednak wiele elementów można łatwo zaadaptować (zob. poniżej).

Rozszerzenie wiedzy przedmiotowej oraz poznawanie dobrych praktyk metodycznych stanowią o przydatności kursów MOOC w procesie doskonalenia nauczycieli.

Kolejna koncepcja to wykorzystanie kursów MOOC **w doradztwie zawodowym** lub edukacyjnym. W takim podejściu uczeń nie musi kończyć całego kursu, ale jedynie pierwszych kilka zadań. Celem jest tutaj poznanie specyfiki różnych dziedzin akademickich, co może być cenne dla osób wahających się np. pomiędzy chemią a biochemią. W ten sposób można „przetestować" dany kierunek studiów, bez konieczności poświęcania mu dłuższego czasu. Przykładowo – jeśli dana uczennica waha się między elektroniką a informatyką, może przejrzeć materiał 6.002x. Jeśli kurs się jej nie spodoba, to może to być informacja o tym, że lepszym wyborem będzie informatyka uniwersytecka z ograniczoną częścią elektroniczną. Zmniejsza się w ten sposób szansa na zmarnowanie semestru na nietrafionych studiach.

Ostatnia hipoteza, którą tutaj jedynie zarysuję, to **użycie kursów MOOC w nauce języka**. Wszystkie kursy przedstawione w tym artykule wymagają użycia języka angielskiego. Struktury gramatyczne stosowane w nauce są prostsze niż te z języka codziennego, ale pojawia się konieczność nauki specjalistycznego słownictwa. Chęć zrozumienia wykładu ze swojej dziedziny może stanowić dodatkowy czynnik motywujący. Autor tekstu posługuje się językiem angielskim na poziomie C1, co umożliwiło bezproblemowe uczestnictwo lub ocenę każdego z poniższych kursów. Rozmówcy z kursu 6.002x oceniali swoje umiejętności językowe jako poziom średni lub dobry (pomiędzy A2 a B1). Dużym ułatwieniem jest możliwość włączenia napisów angielskich w każdym z kursów. Wiele z problemów językowych można również rozwiązać dzięki pracy w grupie lub współpracy dydaktyków przyrodniczych z językowymi.

Zastosowanie w dydaktyce fizyki

Kursy MOOC oferują wiele możliwości rozszerzenia nauczania fizyki (zob. tab. 2). Kursy *How Things Work* i *Introduction of Engineering Mechanics* są szczególnie interesujące dla uczniów zainteresowanych kierunkami politechnicznymi związanymi z mechaniką (budowli i maszyn). Krótki czas trwania sprawia, że mogą być przydatne w doradztwie zawodowym, jako próba oceny atrakcyjności danych kierunków dla ucznia. Zakres tematyczny tych kursów utrudnia wykorzystanie zawar-

Tabela 2. Propozycje kursów MOOC związanych z fizyką

Kurs	Dyscyplina	Platforma	Termin	Długość [tyg.]	Zastos.*
How Things Work 1	mechanika	Coursera	4 marca 2013	6	W, Z
Introduction to Physics	fizyka	Udacity	Ciągły	7	P, M
Quantum Mechanics and Quantum Computation	fizyka teoretyczna	EdX	luty 2013	15	W, Z
Introduction to Astronomy	astronomia	Coursera	2013	9	P, Z
Energy 101	elektrotechnika	Coursera	28 stycznia 2013	9	W, Z
Introduction to Engineering Mechanics	mechanika, budownictwo	Coursera	25 lutego 2013	5	Z
8.02x: Electricity and Magnetism	fizyka	EdX	18 lutego 2013	14	P, W, M, Z
6.002x: Circuits and Electronics	elektronika, elektrotechnika	EdX	Wiosna 2013	14	P, W, M, Z

* P – rozszerzenie programu, W – wiedza nauczyciela, M – metodyka, Z – doradztwo zawodowe

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

tego w nich materiału jako rozszerzenia przedmiotu. Pierwszy z tych kursów może być ewentualnie użyty jako źródło inspiracji do tworzenia własnych eksperymentów związanych z mechaniką. Kurs *Energy 101* ma podobne zastosowania, z tym, że adresowany jest dla osób zainteresowanych energetyką. Może być on też interesujący dla nauczycieli Przyrody, chcących pokazać związki między fizyką a gospodarką energetyczną.

Kursy 6.002x i 8.02x mają zdecydowanie szersze zastosowanie, ponieważ pierwsze tygodnie każdego z nich pokrywają się z podstawą programową. Z tego powodu łatwo użyć części zadań, wykładów i warsztatów do wzbogacenia lekcji. Ze względu na dłuższy czas trwania, jedynie fragmenty tych kursów powinny być używane w doradztwie zawodowym. Oczywiście, jeśli uczeń lub uczennica są zainteresowani, mogą skończyć cały kurs, jednak z punktu widzenia orientacji zawodowej wystarczą pierwsze 4 tygodnie każdego z nich. Kurs 8.02x jest szczególnie interesujący z punktu widzenia metodycznego, ponieważ osobą prowadzącą jest prof. Walter Lewine, którego wykłady cieszą się dużą popularnością w ramach OCW. Kurs 6.002x jest godny polecenia również dla uczniów i nauczycieli z techników elektrycznych, elektronicznych i mechatronicznych ze względu na nacisk na kształcenie intuicji inżynierskich.

Kurs *Quantum Mechanics and Quantum Computation* charakteryzuje się wyższym poziomem złożoności matematycznej, co ogranicza zakres jego stosowania do uczniów i uczennic szczególnie zdolnych i zainteresowanych mechaniką kwantową. Czyni to z niego potencjalnie dobre narzędzie orientacji zawodowej dla osób myślących o studiowaniu fizyki uniwersyteckiej, ukierunkowanej na problemy teoretyczne. Podobną rolę dla ukierunkowanych na astronomię może pełnić kurs *Introduction to Astronomy*, z tym, że łatwiej wykorzystać go do poszerzenia programu szkolnego.

Kurs *Introduction to Physics* obejmuje najszerszy zakres materiału, częściowo pokrywający się z podstawą programową. Może być użyty do poszerzenia programu lub doskonalenia metodycznego, jednak jest zbyt ogólny, aby rozszerzyć wiedzę dobrze przygotowanego nauczyciela. Ogólny charakter kursu minimalizuje jego przydatność w orientacji zawodowej. Ze względu na ogólny charakter może on służyć jako uzupełnienie wiedzy fizycznej dla osoby uczącej przedmiotu Przyroda, która nie miała wystarczającego kontaktu z tą dziedziną.

Zastosowanie w dydaktyce chemii

Kursów MOOC związanych z chemią jest mniej i są one trudniejsze do powiązania z programem szkoły (tab. 3). Kursy 3.091 i *Nanotechnology* obejmują głównie zjawiska związane z chemią nowych materiałów, co czyni je przydatnymi w doradztwie zawodowym osób myślących o studiowaniu inżynierii materiałowej. Kurs *Nanotechnology* jest mniej wymagający czasowo i łatwo go przystosować do zajęć na kółku chemicznym. Autorka kursu prowadziła go m.in. dla nauczycieli amerykańskich szkół średnich, co stanowi pewien sygnał co do jego przydatności w procesie doskonalenia zawodowego. Kursy 3.091 i *Analytical Chemistry* są bardziej wymagające, co utrudnia ich zastosowanie. Mimo to warto przejrzeć materiały związane z 3.091x ze względu na interesujące eksperymenty i punkty wspólne z fizyką. Kurs *Introductory to Analytical Chemistry* dotyczy konkretnego działu chemii i jest stosunkowo wymagający czasowo i intelektualnie. Ogranicza to jego stosowanie do pracy z uczniami zdolnymi lub myślącymi o studiowaniu chemii uniwersyteckiej, z zacięciem do chemii organicznej i teoretycznej.

Kurs *Chemistry: Concept Development and Application* obejmuje najszerszy i stosunkowo prosty materiał. Pierwsza część tego kursu pokrywa się z rozszerzonym programem chemii w szkole średniej, co ułatwia jego zastosowanie. Poleciłbym go również osobom uczącym *Przyrody*, które nie miały wcześniej kontaktu z podstawami chemii. Jest on trochę ogólny, aby polecać go do badania orientacji zawodowej. Jest on interesujący z punktu widzenia metodyki, bo pokazuje sposoby nauczania rozumowania naukowego w chemii.

Tabela 3. Propozycje kursów MOOC związanych z chemią

Kurs	Dyscyplina	Platforma	Termin	Długość [tyg.]	Zastos.*
3.091x: Introduction to Solid State Chemistry	chemia, fizyka i inżynieria materiałowa	EdX	5 lutego 2013	14	P, W, M, Z
Introductory Organic Chemistry – Part 1	chemia organiczna	Coursera	28 stycznia 2013	7	P, W, Z
Analytical Chemistry	chemia analityczna	Coursera	2013	15	W
Chemistry: Concept Development and Application	chemia ogólna	Coursera	2013	10	P, M
Nanotechnology: The Basics	chemia, fizyka i inżynieria materiałowa	Coursera	2013	8	P, W, M, Z

* P – rozszerzenie programu, W – wiedza nauczyciela, M – metodyka, Z – doradztwo zawodowe

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

Zastosowanie w dydaktyce biologii i geografii

Oferta kursów związanych z biologią i geografią jest bardzo rozbudowana. Najciekawsze kursy pokazałem w tabeli nr 3. Dla uczniów zainteresowanych biochemią i biologią komórki, najbardziej interesujący będzie kurs 7.00x prowadzony przez prof. Erica Landera, jednego z liderów projektu poznania ludzkiego genomu. Stanowi on szansę rozbudowania wiedzy szkolnej i przygotowania do trudnych studiów. Kurs nie miał jeszcze premiery, ale inne zajęcia na platformie EdX miały zawsze świetnie przygotowaną stronę metodyczną. Nie wymaga on rozbudowanej wiedzy wstępnej, a oferuje możliwość kontaktu z najlepszymi naukowcami badającymi zagadnienia biologii molekularnej. Z tego powodu wydaje mi się wartościowy również jako sposób poszerzenia wiedzy nauczycieli.

Dla osób zainteresowanych studiami na kierunkach medycznych interesujące mogą być kursy *Introductory Human Physiology*, *Clinical Problem Solving* (medycyna) i *Fundamentals of Pharmacology* (farmacja). Dotyczą one zagadnień kluczowych dla tych kierunków, co sprawia, że stanowią cenny mechanizm orientacji zawodowej oraz jako materiał dla klas akademickich o profilu lekarskim lub farmaceutycznym. *Clinical Problem Solving* ma szczególną wartość z punktu widzenia metodyki, ponieważ pokazuje podstawy „myślenia diagnostycznego", stosowanego przez lekarzy. Ze względu na popularność tematyki medycznej w popkulturze, przykłady z tego kursu łatwo wykorzystać do zainteresowania uczniów. Działy te zdecydowanie wykraczają poza program szkoły średniej, co ogranicza ich zastosowanie w normalnej praktyce nauczycielskiej. Przydatne mogą być jedynie elementy wiedzy fizjologicznej z pierwszego kursu.

Z punktu widzenia biologii zwierząt, godny uwagi wydaje się kurs *Animal Behaviour*. Nie do końca pokrywa się on z podstawą programową, ale obejmuje elementy przyrody, które cieszą się zainteresowaniem uczniów (duże ssaki, ptaki, ekologia). Materiały (filmy, wiedza przyrodnicza) będzie można łatwo wykorzystać do wzbogacenia programu nauczania przyrody na poziomie szkoły podstawowej. Kurs ten również nie miał jeszcze swojej premiery.

Contraception i *Nutrition* nie wymagają dużej wiedzy biologicznej, a mogą być przydatne dla uczniów i nauczycieli zainteresowanych tematyką edukacji seksualnej i żywienia. Kursy te są stosunkowo krótkie i praktyczne, co ułatwia ich zastosowanie np. do wzbogacenia godziny wychowawczej lub kółka biologicznego o porady praktyczne. Kursy te oparte są na wiedzy akademickiej, co czyni je bardziej wiarygodnym źródłem wiedzy niż np. informacje medialne.

Zajęcia *Introduction to Sustainability* prezentują naukowe źródła koncepcji zrównoważonego rozwoju. Z tego powodu mogą one pomóc w orientacji zawodowej osób zainteresowanych ochroną środowiska lub geografią. Aktualność tej tematyki czyni te zajęcia szczególnie wartościowe dla nauczycieli chcących poszerzyć swoją wiedzę. Podobne uwagi odnoszą się również do kursu *Climate Literacy*, pokazującego złożoność zagadnień związanych ze zmianami klimatycznymi.

Moduł *Planet Earth* obejmuje szerszy zakres tematyczny, związany z podstawami nauk o Ziemi. Można go użyć do rozszerzenia nauczania geografii lub jako źródło wiedzy i inspiracji metodycznych dla nauczycieli

Tabela 4. Propozycje kursów MOOC związanych z biologią i geografią

Kurs	Dyscyplina	Platforma	Termin	Długość [tyg.]	Zastos.*
7.00x: Introduction to Biology – The Secret of Life	biologia molekularna, biochemia	EdX	5 marca 2013	14	P, W, M?, Z
Introductory Human Physiology	fizjologia, medycyna, pielęgniarstwo	Coursera	25 luty 2013	12	P,W,Z
Clinical Problem Solving	medycyna	Coursera	11 luty 2013	6	P, M, Z
Animal Behaviour	biologia zwierząt	Coursera	sierpień 2013	6	P?, W?, M?
Computational Neuroscience	neurobiologia, bioinformatyka	Coursera	kwiecień 2013	8	P, Z
Fundamentals of Pharmacology	farmacja	Coursera	2013	10	P, Z
Contraception: Choices, Culture and Consequences	edukacja seksualna	Coursera	28 stycznia 2013	5	P, W, M
Nutrition, Health, and Lifestyle	nauka o żywieniu	Coursera	kwiecień 2013	7	P, W, M
Climate Literacy	ochrona środowiska, zmiany klimatyczne	Coursera	Maj 2013	10	W, M
Introduction to Sustainability	ekologia, sozologia	Coursera	11marca 2013	8	W, M, Z
Planet Earth	nauki o Ziemi	Coursera	2013	5	P, W, M, Z

* P – rozszerzenie programu, W – wiedza nauczyciela, M – metodyka, Z – doradztwo zawodowe

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

przyrody niemających wcześniejszego kontaktu z geografią.

Kurs *Computational Neuroscience* jest wart uwagi ze względu na rzadko spotykaną tematykę, łącząca neurobiologię z informatyką. Wymaga on dość wysokich kompetencji informatycznych (leżących poza zakresem wymagań wobec nauczyciela biologii), ale może być interesujący dla uczniów szczególnie uzdolnionych. Problemy świadomości, neurobiologii i sztucznej inteligencji cieszą się zainteresowaniem mediów, co czyni je szczególnie atrakcyjnymi dla uczniów.

Zastosowanie w dydaktyce matematyki i informatyki

Kursy MOOC związane z matematyką i informatyką prezentują bardzo zróżnicowany poziom (tab. 5). *College Algebra* i *Intermediate Algebra* obejmują materiał polskiej szkoły średniej. Stanowią zatem możliwość poznania i porównania różnych praktyk metodycznych. Ostatni z tych kursów stanowi pomost między polską szkołą średnią a uczelnią, co sprawia, że może być przydatny jako dodatkowe narzędzie sprawdzające kompetencje matematyczne wymagane na uczelni wyższej. Podobne uwagi odnoszą się do modułów *Pre-Calculus* i *Calculus: Single Variable*, przygotowujących do nauki analizy matematycznej.

Kurs *Introduction to Mathematical Thinking* ma inny charakter. Nie koncentruje się na konkretnych działach matematyki, ale stanowi pomost między kompetencjami obliczeniowymi a myśleniem matematycznym. Kurs skupia się na kształceniu „myślenia matematycznego", rozumianego raczej jako postawa intelektualna niż jako biegłość obliczeniowa. Z tego powodu wydaje się użyteczny do rozszerzenia zajęć, kształcenia nauczycieli i doradztwa zawodowego (np. w zakresie ekonomii lub ekonometrii).

W przypadku informatyki istnieje wiele kursów programowania i podstaw informatyki. Kursy CS550x i *Introduction to Computer Science* stanowią wprowadzenie do programowania w języku Python. Znajomość podstaw programowania jest cenna w wielu zastosowaniach szkolnych (np. modele informatyczne na lekcji fizyki), co czyni te kursy interesującą formą doskonalenia zawodowego. Dla nauczycieli informatyki kursy te mogą stanowić źródło zadań na kółko programistyczne lub jako formę sprawdzenia się dla uczniów szczególnie zdolnych. Kurs CS188.1x: *Artificial Intelligence* zdecydowanie wykracza poza podstawę programową szkoły średniej. Jednak zagadnienia sztucznej inteligencji są fascynujące i mogą stanowić podstawę do pracy z uczniami szczególnie uzdolnionymi.

Kurs *Control of Mobile Robots* omawia podstawowe zagadnienia związane z teorią sterowania i robotyką. Elementy tego kursu mogą być wykorzystane w kształceniu techników-mechatroników i automatyków oraz w doskonaleniu zawodowym nauczycieli odpowiednich przedmiotów zawodowych. Popularność robotyki wśród uczniów sugeruje, że część tych wykładów może również zainteresować licealistów i nauczycieli. Aktualność i praktyczność tych zagadnień sprawia, że wiedza zawarta w tym kursie może być przydatna również w doradztwie zawodowym.

Tabela 5. Propozycje kursów MOOC związanych z matematyką i informatyką

Kurs	Dyscyplina	Platforma	Termin	Długość [tyg.]	Zastos.*
College Algebra	algebra	Udacity	Ciągły	4	P, M
Intermediate Algebra	algebra	Coursera	28 stycznia 2013	10	P, M, Z
Introduction to Mathematical Thinking	matematyka	Coursera	4 marca 2013	10	P, W, M, Z
Pre-Calculus	analiza matematyczna	Coursera	28 stycznia 2013	10	P, M
Calculus: Single Variable	analiza matematyczna	Coursera	7 stycznia 2013	13	P, M, Z
CS50x: Introduction to Computer Science I	programowanie	EdX	4 luty 2013	14	P, W, M, Z
Introduction to Computer Science	programowanie	Udacity	ciągły	7	P,W, M
Introduction to Theoretical Computer Science	algorytmika	Udacity	ciągły	7	P, W, Z
CS188.1x: Artificial Intelligence	sztuczna inteligencja	EdX	18 lutego 2013	14	P, Z
Control of Mobile Robots	teoria sterowania	Coursera	28 stycznia 2013	7	P, M, W, Z

* P – rozszerzenie programu, W – wiedza nauczyciela, M – metodyka, Z – doradztwo zawodowe

Podsumowanie

Różnorodność kursów MOOC sprawia, że niemożliwe jest sformułowanie jednoznacznych ocen opisujących całe zjawisko. Zbyt wiele zależy od konkretnego kursu i umiejętności słuchacza. Niewątpliwie konieczne są dalsze badania nad MOOC, ukierunkowane na specyfikę każdej dyscypliny matematyczno-przyrodniczej.

Największą przeszkodą w zastosowaniu kursów MOOC jest prawdopodobnie brak znajomości języka angielskiego. Drugi potencjalny problem to wymagany nakład czasu i pracy. Trzeci to różnice w modelu dydaktyki akademickiej i powszechnej.

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013

Wiele z tych problemów może być rozwiązanych dzięki współpracy nauczycieli przedmiotów przyrodniczych, anglistów, dyrekcji szkoły i uczniów. W razie potrzeby można też korzystać z lokalnego zaplecza akademickiego lub Internetu. Autor tekstu również deklaruje pomoc w doborze i przystosowaniu kursu do konkretnej potrzeby edukacyjnej.

Na podstawie dotychczasowych obserwacji uczestniczących i rozmów z uczestnikami stawiam hipotezę, że udział w niektórych MOOC nie leży poza zasięgiem intelektualnym ucznia lub uczennicy zainteresowanych studiami matematyczno-przyrodniczymi. Druga hipoteza to potencjalna użyteczność kursów jako źródła dobrych praktyk metodycznych, szczególnie w zakresie e-learningu i edukacji wyższej. Trzecią – najsłabszą, według mnie – hipotezą jest użyteczność tej formy w doradztwie zawodowym lub dydaktyce języka angielskiego.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń z MOOC i dydaktyką fizyki jestem jednak przekonany, że kursy MOOC stanowią wartościowe narzędzie edukacji biologiczno-środowiskowej.

Virtual university. Massive open online courses as a tool of the science education

Marcin Zaród

Article presents a genesis and capabilities of the non-commercial Massive Open Online Courses (MOOCs) available on platforms Coursera, Udacity and EdX. Massachusetts Institute of Technology electronics course 6.002x was selected as a case study. Course curriculum, tasks construction, examination procedures and technical issues are analyzed. Article discusses introduction of MOOC into everyday school practice.

Key words: Massive Open Online Courses (MOOCs), electronics course 6.002x, teaching science, school practice, professional development of teachers

 © for the article by the Authors 2013 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2013