

# SAGEMATH W PRAKTYCE SZKOLNEJ PRZYKŁAD PRACY METODĄ PROJEKTÓW

Hanna Stachera  
XIV LO im. S. Staszica,  
[stachera@staszic.waw.pl](mailto:stachera@staszic.waw.pl)

*Abstract. This article presents the experience of using the SageMath computer algebra system during classrooms in high school. This is the result of a two year EU project. The partners of the project were the University of Silesia, the University of Oslo and two high schools from Warsaw and Chorzów. SageMath and Python have been introduced to the fields of mathematics, physics and computer science. The content of the core curriculum and extracurricular activities was implemented in many groups of classes and extracurricular activities. The classes have been evaluated and consulted with the academic teacher community. The experience has been used to develop a methodology for introducing SageMath into school practice. There were publications and materials for the teacher with a description of the didactic methods used for direct use in the lessons. The author of the article focuses on the design method. The article presents examples of SageMath applications and the project implemented during IT lessons.*

## 1. Wstęp

Artykuł prezentuje doświadczenia z wykorzystania systemu algebry komputerowej SageMath podczas zajęć lekcyjnych w liceum. To efekt realizacji trzyletniego projektu Uniwersytetu Śląskiego i Uniwersytetu w Oslo we współpracy z Liceum z Warszawy i z Chorzowa. SageMath i Pyton zostały wprowadzone do realizacji zajęć matematyki, fizyki i informatyki. Realizowane były treści podstawy programowej i rozszerzeń, w wielu grupach zajęć lekcyjnych i pozalekcyjnych. Zajęcia zostały poddane ewaluacji i konsultacji ze środowiskiem akademickim. Doświadczenia posłużyły opracowaniu metodyki wprowadzenia SageMath do praktyki szkolnej. Powstały publikacje i materiały dla nauczyciela z opisem użytych metod dydaktycznych, do bezpośredniego wykorzystania na lekcjach. Komplet materiałów znajduje się na stronach ICSE <http://licse.us.edu.pl/>. Nauczyciele fizyki, matematyki i informatyki znajdą w nich ciekawe propozycje na lekcje, warsztaty czy kółka.

## 2. Dlaczego SageMath?

SageMath – system algebry komputerowej jest dostępny *on-line* w chmurze i tak jak Python jest darmowy. Ma ogromne możliwości obliczeniowe, łącznie z wizualizacją wyników, dodatkowo, ze względu na to, że jest oparty na języku Python, (czyli można w nim osadzać skrypty Pytona), mamy rozszerzenie tych możliwości o dynamiczny, obiektowy język programowania, z ogromną gamą funkcji bibliotecznych. Ta cecha wyróżnia SageMath ponieważ żadne z komercyjnych (np. Mathematica, MathLab) czy darmowych narzędzi (np. Geogebra czy R), dostępnych przez przeglądarkę, nie oferuje takich możliwości.

Realizacja projektu pokazała, że posługiwanie się SageMath można się łatwo nauczyć, a jego możliwości stwarzają pole do inspiracji dla nauczycieli przedmiotów ścisłych. SageMath umożliwia: szybkie i dokładne obliczenia, w tym na dużych liczbach, obliczenia na wyrażeniach algebraicznych, rozwiązywanie równań i układów równań i nierówności, wizualizację rozwiązań w postaci różnorodnych wykresów i animacji, stanowi narzędzie inżyniera do rozwiązywania równań w zbiorze liczb zespolonych, rozwiązywanie równań macierzowych, obliczanie pochodnych, całek i bardzo wielu innych działań algebraicznych. Może zostać użyty np. do dowodzenia twierdzeń, szukania uogólnień, rozwiązywania wszelkich zadań algebraicznych, geometrycznych, problemów optymalizacyjnych czy parametrycznych. Może zostać użyty do analizy eksperymentów i doświadczeń, obliczania i prezentacji danych z pomiarów, prostego modelowania matematycznego podczas warsztatów, projektów czy konkursów. SageMath może być podręcznym narzędziem dla ucznia do rozwijania zainteresowań, samokształcenia, sprawdzania obliczeń, a co ogromnie istotne pracy na urządzeniu mobilnym i zapisu obliczeń.

## 3. Co myślą o SageMath nauczyciele i uczniowie

Do nauki języka Python uczniów nie trzeba zachęcać. Wystarczy nadmienić, że Google, Yahoo, Nokia, IBM czy NASA wykorzystują Pythona w swoich wartych miliony dolarów aplikacjach i projektach. Microsoft i Apple oferują pełne wsparcie dla Pythona w swoich systemach operacyjnych i platformach programistycznych. Wiele stron internetowych, takich jak YouTube czy Grono stworzono w Pythonie. Można tworzyć aplikacje sieciowe czy wykorzystywać skrypty Pytona w zastosowaniach naukowych, finansowych, do tworzenia gier i aplikacji wykorzystujących 3D i wielu innych. Czyli programiści Python są poszukiwani, a Google zatrudnia nawet twórcę tego języka – Guido van Rossuma.

Potencjał SageMath dostrzegli zarówno uczniowie jak i nauczyciele, choć wcześniej niemal nikt z badanych o tym narzędziu nie słyszał. Z kolei przeprowadzona po zajęciach ewaluacja pokazała, że zarówno nauczyciele biorący udział

w projekcie, jak i uczniowie ocenili jego przydatność bardzo wysoko. W projekcie wzięli udział nauczyciele matematyki, fizyki i informatyki, którzy najpierw sami musieli nauczyć się posługiwania się narzędziami SageMath. Określili czas poświęcony nauce i przygotowaniu wstępnych ćwiczeń na 10 godzin. Po trzyletniej realizacji projektu włączyli SageMath do swojego warsztatu pracy.

## 4. O metodzie projektu

Jednym z przykładów praktycznego wykorzystania SageMath jest projekt zrealizowany podczas lekcji informatyki. Bardzo ważnym elementem projektu jest sama metodyka pracy metodą projektu, która została zamieszczona po to, aby prezentowany przykład stanowił przydatną inspirację dla nauczycieli.

Założeniem metody projektów jest wdrażanie uczniów do twórczego i problemowego myślenia i działania. Pomaga przygotowywać uczniów do rozwiązywania realnych problemów, korzystania z różnorodnych źródeł informacji, pozwala dostrzegać związki pomiędzy różnymi dyscyplinami nauki, pomaga łączyć teorię i praktykę oraz myślenie i działanie – daje możliwość uczenia się za pomocą wielu aktywności.

Metoda projektów stwarza pole do działań ucznia:

- rozpoznanie i opis sytuacji problemowej,
- formułowanie celów i zadań,
- kreatywność, generowanie pomysłów,
- integrowanie wiedzy z różnych przedmiotów nauczania,
- uruchamianie wyobraźni,
- odpowiedzialność, samodzielność,
- planowanie zadań, ocena złożoności i trudności zadań,
- wytrwałość w poszukiwaniu rozwiązań i realizacji zadań,
- samokształcenie,
- przygotowanie i prowadzenie publicznych wystąpień.

W zakresie zdobywania informacji:

- korzystanie z różnych źródeł informacji,
- analizowanie jakości informacji i ocena ich wiarygodności,
- klasyfikowanie przydatności informacji z punktu widzenia celów,
- wykorzystanie informacji zgodnie z prawem autorskim,
- prezentowanie informacji.

Projekty grupowe pozwalają dodatkowo kształtować umiejętności współdziałania:

- komunikowania się, (także elektronicznego),

- planowania i organizowania własnej pracy i pracy w grupie,
- wymiany zasobów, (np. elektronicznej),
- wyrażanie własnych opinii i korzystania z opinii wyrażanych przez innych członków grupy,
- rozwiązywanie konfliktów.

Realizacja projektu polega na planowaniu i wykonywaniu przez uczniów określonych (najlepiej w instrukcji do projektu) zadań, poprzez samodzielne poszukiwanie i rozwiązywanie problemów pod opieką nauczyciela. Opiera się na praktycznym działaniu: rozpoznawaniu problemów, stawianiu tez i pytań, dowodzeniu, poszukiwaniu odpowiedzi przez obserwacje, badania, analizy, obliczenia, symulacje, eksperymenty czy inne aktywności, np. działania lokalne, społeczne. Uczestnicy realizują temat projektu rozłożony w czasie, pracują samodzielnie lub w zespołach, czy grupach np. klasy, szkoły, czy zespoły międzynarodowe.

Przygotowanie przez nauczyciela projektu przedmiotowego (lub międzyprzedmiotowego) obejmuje:

- wybór zagadnienia do realizacji z wykorzystaniem metody projektów na podstawie analizy efektów kształcenia i ewentualnych możliwości podejmowania działań międzyprzedmiotowych,
- przygotowanie instrukcji dla uczniów, zawierającej: określenie celów, metod pracy, terminy realizacji poszczególnych etapów i całości, zadań uczniów, wymagań co do rezultatu pracy, sposobu prezentacji wykonanych zadań i kryteria oceniania,
- przygotowanie uczniów do pracy metodą projektów, szczególnie jeśli wcześniej nie wykonywali projektów, omówienie z uczniami zadań i wyników prac,
- motywowanie uczniów do zaangażowania się w projekt, podanie przykładów tematów projektów, badań wykonanych przez uczniów, odpowiedzi na pytania problemowe, pokazanie opisów projektów, prezentacji, sprawozdań czy filmów zrealizowanych przez innych uczniów,
- wprowadzenie uczniów w wybrane zagadnienie wzbudzenie ich zainteresowania, wskazanie możliwych do rozważenia problemów, przykłady narzędzi, które można użyć do realizacji projektu,
- przygotowanie planu doboru grup do realizacji projektów – nauczyciel wybiera sposób podziału na grupy, szczególnie jeśli chciałby zbalansować grupy według wybranego kryterium. Mogą to być:
  - grupy jednorodne ze względu na wybrane kryterium np. osiągnięcia szkolne, aktywność, umiejętności lub zainteresowania,
  - grupy o pełnym zróżnicowaniu – każda grupa ma pełny zbiór wg założonego kryterium,

- grupy koleżeńskie, chętnie wybierane przez uczniów, ale trudniejsze do zarządzania przez nauczyciela i niekiedy powodujące problemy integracyjne klasy,
- grupy doboru celowego lub zadaniowego,
- grupy według kolejności na liście klasy,
- grupy losowe

Metoda projektów wymaga od nauczyciela wcielenia się w nieco inną rolę. Z osoby dominującej, wyznaczającej tok pracy ucznia oraz głównego źródła informacji (szczególnie jeśli nauczyciel pracuje najczęściej metodami podającymi, mało zostawiając miejsca na aktywność i samodzielność uczniów) – nauczyciel powinien się zmienić w dyskretnego przewodnika, obserwatora i pomocnika. Warto tak zorganizować projekt, aby lwią część prac została wykonana jako praca domowa uczniów i poświęcić np. 10 minut kilku lekcji na sprawdzenie i zapisanie postępów prac. Uczniowie mogą zaplanować wspólne spotkania w szkole, poza szkołą, albo wykorzystać techniki informacyjne i komunikacyjne. Nauczyciel monitoruje postępy realizacji projektu, zgłasza uwagi i doradza.

Z moich obserwacji wynika, że zarówno praca w grupach dwuosobowych, jak i praca w większych grupach jest przez uczniów bardzo chętnie podejmowana. Uczniowie lubią wyzwania, inspirują się wzajemnie, uczą się od siebie, poddają pomysły krytycznej ocenie, w grupie są bardziej aktywni i twórczy. Ale z punktu widzenia nauczyciela praca grupowa uczniów jest trudniejsza do przygotowania i zarządzania, wymaga wnikliwej analizy przy wyborze celów i przemyśleń sposobu ich realizowania.

Wielokrotnie namawiam do współpracy w projekcie międzyprzedmiotowym nauczycieli innych przedmiotów. Dopytuję ich, czy realizują projekty na swoich lekcjach i niestety z przykrością muszę stwierdzić, że nie jest to metoda chętnie wybierana przez nauczycieli. Na pytanie „dlaczego nie?”, odpowiadają najczęściej, że „projekty zabierają wiele godzin, które powinni wykorzystać na realizację materiału” lub, że „projekty niczego nie uczą i na takie zabawy nie mają czasu” albo, że uczniowie znajdują jednego pracowitego ucznia w grupie, który wszystko zrobi a reszta nie robi nic, albo też, że nauczyciel przesuwając termin oddania projektu po raz kolejny, uczniowie się tłumaczą, że część projektu jeszcze nie jest gotowa, ponieważ ktoś był chory albo ma angielski po południu i nie mogli się spotkać. Nauczyciele uważają tę metodę za zbyt pracochłonną i trudną do realizacji. Dlatego niezbyt chętnie sięgają po metodę projektu. Rzeczywiście to niełatwe, a sama metoda ma też wady i pułapki, czyhające zarówno na nauczyciela, jak i na uczniów.

Najczęściej podnoszone jest pytanie, czy metodę projektów da się zastosować do skutecznej realizacji obowiązkowego programu nauczania czyli zawartej w nim wiedzy (pojęć, faktów). Szczególnie w kontekście wielu godzin poświęconych na

omawianie, wykonywanie i prezentowanie projektów. Wątpliwości budzi także mała skuteczność zdobywania wiedzy przez ucznia na podstawie prezentacji projektów wykonanych przez inne grupy czy innych uczniów.

Ale chyba największy problem jest w tym, że wielu nauczycieli jest przywiązanych do tradycyjnych metod nauczania i rzadziej wybiera metody aktywne.

Na obronę metody projektów należy podkreślić, że zagrożeń da się uniknąć, jeśli się je zna.

## 5. SageMath w praktyce

Prezentowany projekt został zrealizowany w dwóch szkołach – LO im. M. Kopernika i LO im. S. Staszica w Warszawie, w czterech grupach uczniów z klasy trzeciej. Tematem projektu było badanie funkcji. Uczniowie pracują według opublikowanej instrukcji.

Projekt realizuję od wielu lat, ponieważ cieszy się dobrymi opiniami uczniów. Jest organizowany w klasach trzecich o profilu matematycznym. Od dwóch lat polecam uczniom wykonanie projektu z użyciem SAGE (wcześniej posługiwali się arkuszem kalkulacyjnym, portalem wolframalpha.com i pakietem Latex).

Zajęcia zostały zaplanowane i przeprowadzone w czterech grupach uczniów z klas trzecich matematyczno-fizycznych. Projekt obejmował cykl podczas zajęć pozalekcyjnych oraz pracę własną (w domu). Wybrane grupy były objęte w klasie drugiej nauką algorytmiki i programowania w języku C++. Były to grupy o zrównoważonym poziomie wiedzy i zainteresowania w zakresie matematyki i informatyki. Każda z grup – A, B, C, D przeszła nieco inny rodzaj zajęć i otrzymała nieco inne zadanie. To pozwoliło przeprowadzić ewaluację i zbadać wpływ zmienionych warunków na rezultaty zajęć – umiejętności uczniów i poziom wykonanych prac. Ewaluacja pozwoliła także zmodyfikować materiały na podstawie uwag uczniów w wywiadach i anonimowej ankiecie. W grupie A został zrealizowany cały cykl zajęć ale ich zadaniem było wykonanie raportu z badania funkcji w języku angielskim. W grupie B i C uczniowie otrzymali zadanie samodzielnego poszukiwania poleceń SAGE, które mogliby wykorzystać w projekcie. Grupa B wykonała najpierw badanie funkcji w zeszytach. W grupie D uczniowie dodatkowo nauczyli się posługiwania się narzędziem Latex do wykonania dokumentu tekstowego w formacie PDF. Prace uczniów grupy A i B i C zostały opublikowane na serwerze. Grupa D miała zadanie przygotowania wydrukowanego dokumentu z zamieszczonymi źródłami Latex.

Na początku i na końcu kolejnego cyklu zajęć były prowadzone anonimowe ankiety, które posłużyły do opracowania kolejnych wersji materiałów i metod prowadzenia zajęć.

Każda z grup odpowiadała na standardowe pytania. Oprócz tego każda z grup odpowiadała na pytanie wiodące. Grupa B i C odpowiadała na pytanie – czy łatwo

nauczyć się samodzielnie wybranych elementów SAGE. Grupa A odpowiadała na pytanie – czy ćwiczenia z SAGE poprzedzające wykonanie projektu okazały się pomocne. Grupa B oceniała SAGE z punktu widzenia przydatności i oszczędności czasu. Grupa D dodatkowo wypowiadała się na temat pakietu Latex.

Uczniowie w domu korzystają ze strony <https://cloud.sagemath.com>, a w szkole mogą sprawdzone polecenia przenieść na szkolny serwer SAGE i opublikować.

Rezultatem pracy ucznia było opublikowanie (bądź wydrukowanie) i zaprezentowanie raportu z badania funkcji, zgodnie z wymogami projektu.

Praca nad projektem przebiegała w sześciu etapach:

Etap 1. Omówienie projektu i instrukcji, zaplanowanie działań.

Etap 2. Przeprowadzenie zajęć wstępnych poznawania możliwości wykorzystania poleceń na serwerze SAGE do obliczeń i wykresów funkcji. Były to zajęcia w postaci pokazów i warsztatów. Uczniowie korzystali z własnych kont na szkolnym serwerze SAGE.

Etap 3. Sformułowanie postaci funkcji do badania, takiej, aby charakteryzowała się kilkoma ciekawymi własnościami, zgodnie z założeniami w instrukcji do projektu.

Etap 4. Wykonanie sekwencji poleceń SAGE, pozwalający na szczegółowe zbadanie własności funkcji i otrzymanie wyników obliczeń.

Etap 5. Utworzenie raportu z badania funkcji.

Etap 6. Zaprezentowanie wyników pracy na forum klasy.

Wyniki prac uczniów zostały dołączone do materiałów dla nauczyciela. Dzięki temu nauczyciele mogą obejrzeć jakie były rezultaty przeprowadzonych zajęć, jak uczniowie poradzili sobie z postawionym zadaniem. Ocena prac uczniów pokazuje poziom ich umiejętności i stopień wykorzystania narzędzi SAGE.

Tabela 1. Rodzaje zajęć i liczba godzin.

| Lp. | Tematyka zajęć  | Metoda prowadzenia zajęć    | Liczba godzin dla grupy |     |   |
|-----|---|-----------------------------|-------------------------|-----|---|
|     |   |                             | A                       | B,C | D |
| 1   | Możliwości SAGE, omówienie projektu                                   | Prezentacja, pokaz          | 1                       | 1   | 1 |
| 2   | Podstawy SAGE, cechy i własności przykładowych funkcji, wybór funkcji | Warsztaty, omówienie, pokaz | 1                       | 1   | 1 |

|      |  |   |   |   |   |
|------|--|---|---|---|---|
| 4    | Polecenia SAGE badające własności funkcji, rysowanie wykresów funkcji                                | Warsztaty   | 1 | – | 1 |
| 6    | Samodzielne poszukiwanie materiałów do wykonania badania funkcji i rysowania wykresów funkcji w SAGE | Praca samodzielna uczniów   | – | 1 | 1 |
| 7    | Tworzenie dokumentów z wykorzystaniem pakietów Latex   | Omówienie, wykład, pokaz, warsztaty                                     | – | – | 1 |
| 9    | Konsultacje  | Indywidualna praca z uczniem  | 1 | 1 | 1 |
| 10.  | <i>Realizacja projektu</i>   | <i>Praca samodzielna uczniów w domu lub podczas zajęć pozaszkolnych</i> | 3 | 5 | 7 |
| 11.  | Prezentacja prac uczniów   | Wystąpienie publiczne ucznia  | 1 | 1 | 1 |
| Suma |  |   | 5 | 5 | 7 |

Tabela 2 Ewaluacja realizacji projektu *Badanie funkcji*

| Lp. | Rezultat ewaluacji                    | Grupa A  | Grupa B, C                      | Grupa D |
|-----|---------------------------------------|--|---------------------------------|---------|
| 1   | Ankieta ewaluacyjna „przed”           | Uczniowie nie znają innych narzędzi inform. do obliczeń mat. oprócz arkusza kalkulacyjnego.  |                                 |         |
| 2   | Wywiady z uczniami po zajęciach 1,2,3 | Uczniowie są zaciekawieni SAGE i widzą potencjał i możliwości samodzielnego wykonania projektu a także wykorzystania SAGE w zadaniach z matematyki i fizyki. |                                 |         |
| 3.  | Obserwacja zajęć nr 2                 |  | Uczniowie zadawali więcej pytań |         |
| 4   | Obserwacja zajęć nr 4                 | Uczniowie chcieli od razu zająć się projektem  |                                 |         |



|   |                                       |   |   |                    |
|---|---------------------------------------|---|---|--------------------|
| 5 | Wywiady z uczniami po zajęciach 1,2,3 | Uczniowie są zaciekawieni SAGE, eksperymentują, badają, czy SAGE potrafi wykonać wymyślone wykresy badają granice, czego SAGE już nie wykona. (ile miejsc po przecinku daje w rozwinięciu Pi) |   |                    |
| 5 | Obserwacja zajęć nr 6                 |   | Uczniowie pracują bardziej sumiennie, dzielą się wiedzą |                    |
| 6 | Ocena publikacji ucznia (wydruku)     | Średni poziom prac  | Najwyższy poziom prac                                   | Średni i wysoki    |
| 7 | Ankieta ewaluacyjna „po”              | Narzędzia SAGE są przydatne, można je wykorzystać na lekcji i w pracach domowych, na studiach.  |   |                    |
| 8 | Wniosek nauczyciela                   | Uczniowie byli najmniej twórczy   | Uczniowie byli bardzo aktywni i wnikliwi                | Projekt był trudny |

## 6. Podsumowanie

Na podstawie wywiadów z uczniami, oceny ich zaangażowania podczas zajęć, oceny przyrostu umiejętności uczniów posługiwania się funkcjami SAGE, kreatywności i pomysłowości uczniów, radzenia sobie z postawionymi problemami, poziomu wykonanych prac, ankiet anonimowych wypełnionych przez uczniów przed rozpoczęciem zajęć i po zakończeniu zajęć można wysnuć następujące wnioski:

- Przed rozpoczęciem zajęć uczniowie w ankiecie anonimowej “przed” pisali, że posługują się jedynie arkuszem kalkulacyjnym do wykonywania wykresów i obliczeń a także, że wcześniej nie słyszeli o SAGE. Tylko kilku uczniów w każdej z grup korzystało ze strony wolframalpha.com.
- Wszyscy uczniowie wykazali zainteresowanie nowym narzędziem podczas pokazów możliwości SAGE, zainteresowały ich inżynierskie zastosowania SAGE, zastosowania w fizyce do wykonywania symulacji i animacji. Zainteresowali się projektem, który został omówiony, dostrzegli potencjał do wykorzystania SAGE w pracach domowych i projektach, na studiach.
- Uczniowie z grupy A, w której zostały omówione i zastosowane podczas warsztatów funkcje SAGE, takie, które mogą zostać użyte w projekcie wykazali najmniejsze zainteresowanie innymi możliwościami SAGE. Ich praca była najmniej twórcza, podeszli do projektu zadaniowo.
- Uczniowie z grupy B i C nie otrzymali wsparcia w postaci omówienia niezbędnych do wykorzystania w projekcie funkcji. Ich praca była najbardziej kreatywna.

na, nauczyli się najwięcej. Grupa C porównała pracę w zeszycie z pracą w SageMath, uczniowie uznali, że nie oznacza to, że nie warto ćwiczyć w zeszycie, bo to „dwie różne rzeczy”.

- Uczniowie z grupy D tylko częściowo otrzymali wsparcie w postaci omówienia i prezentacji potrzebnych do projektu funkcji, dodatkowo zostali objęci cyklem zajęć z tworzenia dokumentów w formacie PDF z wykorzystaniem pakietów LaTeX (darmowy program, system Tex do składu komputerowego).
- Poziom prac uczniów obrazował ich zaangażowanie. Wszystkie grupy poradziły sobie z projektami. Część uczniów podczas badania funkcji zmieniała jej postać z powodu zbyt ukomplikowanej postaci pochodnej.
- Ocena prac: grupa A – mało opisów lub ich brak, nie wykorzystane parametry niektórych funkcji np. plot, limit. Prace najmniej kreatywne.
- Grupa B i C prace na podobnym wysokim poziomie, nie wszyscy uczniowie dokonali odkryć, ale w większości prac pojawiło się dużo elementów unikalnych. Uczniowie znacznie lepiej posługiwali się SAGE, niż pozostali. Było więcej zabawy i odkryć podczas zajęć.
- W ankiecie ewaluacyjnej „po” wszyscy uczniowie byli zadowoleni, że poznali nowe „fajne” darmowe narzędzia do codziennego wykorzystywania. Uznali, że wiele jest do odkrycia, „na pewno przyda się na studiach”. Uznali, że czują się bezpiecznie, bo zawsze można sprawdzić wyniki. Niektórzy poddawali w wątpliwość, czy nauczyciel matematyki będzie zadowolony z tego, że uczeń rozwiąże prawie każdą pracę domową z pomocą komputera.
- Wszyscy uczniowie wyrazili zadowolenie, że mogą z telefonu komórkowego szybko rozwiązać swoje wątpliwości podczas wykonywania obliczeń i rozwiązywania zadań. Wszyscy uczniowie docenili potencjalne możliwości zastosowania SAGE do wizualizacji rozwiązań, wykonywania symulacji eksperymentów.

## Literatura

1. Piątek T. *Kultura informacyjna komponentem kwalifikacji kluczowych współczesnego nauczyciela*, Wydawnictwo Oświatowe „Fosze”, Rzeszów 2010.
2. Weiner A. *Od metody projektów do projektów edukacyjnych*. W: A. Weiner (red.), Karol Szymanowski – *edukacyjne inspiracje. Metoda projektów*. Lublin: Wydawnictwo UMCS, 2008, s. 39-57.