

DOI: 10.26907/2074-0239-2020-60-2-253-258
УДК 372.881.1

БИЛИНГВИЗМ И АБСТРАКТНОЕ МЫШЛЕНИЕ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КОНТЕКСТЕ ИЗУЧЕНИЯ АЛГЕБРЫ

© Ляйля Салехова, Ленар Мухаметшин

BILINGUALISM AND ABSTRACT THINKING: INTERACTION IN THE CONTEXT OF LEARNING ALGEBRA

Leila Salekhova, Lenar Mukhametshin

Many studies on the impact of individual bilingualism on academic performance in mathematics focus on potential problems faced by bilingual students. The article uses an alternative approach based on the hypothesis that bilingualism gives students an advantage in solving complex mathematical problems based on the use of abstract thinking. Abstract thinking is a type of cognitive activity when a person moves away from specific details and begins to reason in general, using concepts, judgments and conclusions among other structures. This article presents the results of a study, conducted to test the assumption that bilingual students demonstrate advantages in solving mathematical problems in which algebraic functions are represented as symbolic abstractions. To solve this type of problem, an abstract-symbolic approach is required, students should understand that a new symbol denotes a relationship between variables, that is, a certain relation defined by a set of mathematical operations. Sixty-one bilingual and monolingual first-year students of the Institute of Philology and Intercultural Communication of Kazan Federal University (Russia) aged 18 to 20 years participated in this experiment. Our study found that bilingual students coped better with difficult abstract mathematical problems. This is how the synergetic effect of bilingualism and experience in abstract thinking manifested itself. This work enriches the growing body of research, conducted by scientists studying the complex picture of the bilingual experience effects and the objectively existing strategic resource of individual bilingualism.

Keywords: abstract thinking, study of mathematics, bilinguals.

Исследования, посвященные изучению влияния индивидуального билингвизма на академические достижения в области математики, акцентируют внимание на потенциальных трудностях, которые испытывают при этом учащиеся-билингвы. В данной работе используется альтернативный подход, базирующийся на гипотезе о том, что билингвизм дает учащимся преимущество при решении сложных математических задач, основанном на применении абстрактного мышления. Под абстрактным мышлением понимается высший тип мышления, опирающийся на язык и осуществляемый в форме понятий, суждений, умозаключений. В настоящей статье приводятся результаты исследования по проверке предположения о том, что двуязычные обучающиеся демонстрируют преимущества в решении математических задач, в которых алгебраические функции представлены как символическая абстракция. Для решения такого типа задач требуется абстрактно-символический подход, студенты должны понимать, что новый символ обозначает связь между переменными, то есть некое отношение, определенное набором математических операций.

Результаты педагогического эксперимента, проведенного на базе Казанского федерального университета, в котором принял участие 61 студент, подтверждают данное предположение. Двуязычие может создавать возможности для обучающихся более глубоко вникать в математические понятия и лучше понимать их, что приводит к когнитивным преимуществам билингвов. Данная работа обогащает растущий объем исследований, проводимых учеными из различных областей науки, изучающих сложную картину эффектов двуязычного опыта и объективно существующего стратегического ресурса индивидуального билингвизма.

Ключевые слова: абстрактное мышление, изучение математики, билингвы.

Введение

Под абстрактным мышлением понимается высший тип мышления, опирающийся на язык и

осуществляемый в форме понятий, суждений, умозаключений [Жеребило].

В таком виде мышления часто используются образы и символы как общеизвестные, так и та-

кие, которые получают свое значение исходя только из самого мыслительного процесса.

Известно, что алгебра является фундаментальной дисциплиной при изучении высшей математики и играет основополагающую роль в области STEM-образования. Переход от арифметики к алгебре, как известно, является сложной задачей для обучающихся, так как алгебраическое мышление требует перехода от вычисления точных значений к рассмотрению отношений между величинами и операциями с неизвестными значениями и переменными. Таким образом, символическая абстракция является важной составляющей алгебраического мышления.

Одной из важных тем алгебры является изучение функций, и многие исследователи выступают за преподавание других алгебраических тем, таких как решение уравнений и преобразование выражений на основе функций.

Студенты обычно воспринимают функции как инструмент для получения ответа и не воспринимают функции в качестве механизма, выражающего связь между переменными.

В настоящей статье приводятся результаты исследования по проверке предположения о том, что двуязычные обучающиеся демонстрируют преимущества в решении математических задач, в которых алгебраические функции представлены как символическая абстракция.

В основном научные статьи, посвященные исследованиям взаимосвязи обучения математике и двуязычия, сосредоточены на том, что билингвы, изучающие язык обучения как второй, могут оказаться в неблагоприятном положении в традиционной академической среде [Выготский, с. 4].

Исследования показали, что лингвистическая сложность текстов (количество слов и грамматические особенности, характерные для академического языка) в тестах достижений по математике может стать трудностью, влияющей на результаты билингвов, для которых язык обучения и проверки знаний не является родным [Second language learners' performance in mathematics]. Однако вклад конкретных особенностей языковой сложности в этот недостаток неясен [Campbell, Davis, Adams, с. 28].

Исследования D. Gentner, S. Goldin-Meadow [Gentner, Goldin-Meadow] подтверждают положение о том, что представление знаний зависит от языка обучения, следовательно, могут возникнуть негативные последствия при их переносе из одной репрезентативной системы человека в другую, то есть издержки могут проявляться в тех случаях, когда языки обучения и извлечения знаний отличаются. Этот эффект был подтвер-

жден в исследованиях, проведенных E. S. Spelke, S. Tsivkin [Spelke, Tsivkin], которые выявили наличие когнитивных издержек в случае, когда язык обучения отличен от языка проверки знаний.

Осознание того, что билингвы могут оказаться в неблагоприятном положении в традиционных учебных средах, является важным. Однако полное понимание двуязычного опыта должно учитывать не только потенциальные издержки, но и потенциальные возможности индивида, которые приходят с двуязычным опытом, с целью понять, как эти издержки и преимущества взаимосвязаны.

N. Planas [Planas] утверждает, что, вопреки рассмотрению двуязычия при обучении математике как недостатка, оно может создавать возможности для учащихся более глубоко вникать в математические понятия и лучше понимать их. Она рассматривала небольшую выборку учеников, изучающих каталанский язык и взаимодействующих с носителями этого языка при решении алгебраических задач в группах. Поскольку у каталанских учащихся не было знаний специфической математической терминологии для описания решения проблем, они пытались использовать различные стратегии (например, геометрический подход для понимания алгебраического выражения). Изучающие каталанский язык также уделяли больше внимания значению математических терминов, чем члены их группы – носители языка, поскольку они не были знакомы с необходимой терминологией.

В последнее время все больше исследований направлены на изучение потенциальных когнитивных преимуществ индивидов, связанных с билингвизмом.

Было разработано несколько теорий, которые согласуются с идеей о том, что длительный опыт использования более чем одного языка может создавать уникальные возможности в двуязычном мозге, что приводит к когнитивным преимуществам билингвов [Adesope, Lavin, Thomson, Ungerleider].

Однако точный характер этих преимуществ, как оказалось, трудно определить. Некоторые исследователи изучали гипотезу, состоящую в том, что постоянное переключение билингвов с одного языка на другой приводит к повышению функций исполнительного контроля, к более эффективному распределению ресурсов исполнительного управления в условиях конфликта или дает преимущество во времени реагирования при решении задачи [Bialystok, Craik, Luk].

Однако другие ученые не смогли найти доказательств, свидетельствующих о преимуществах

билингвов над монолингвами в исполнительном контроле [Paap, Greenberg].

Несмотря на доказательства того, что двуязычные молодые люди не превосходят своих одноязычных коллег по развитости функций исполнительного контроля, все еще возможно, что двуязычный опыт может дать другие когнитивные преимущества.

Недавние исследования показали, что билингвы могут изучать новые правила более эффективно, чем монолингвы. Двуязычный опыт может также повлиять на развитие метаязыковой компетенции, что может иметь последствия для изучения алгебры.

Даже Л. С. Выготский считал, что билингвизм может иметь положительные последствия для гибкости и утонченности человеческой мысли [Выготский, с. 214].

Он утверждал: способность выражать одну и ту же мысль на разных языках позволяет видеть, что любой конкретный язык является лишь одной системой среди многих, понимать символическую функцию слов и рассматривать слова в более абстрактных, семантических и общих терминах.

Настоящее исследование принимает это предположение и основывается на гипотезе, что билингвизм может потенциально влиять на развитие абстрактных мыслительных процессов, которые играют решающую роль в изучении алгебры.

Поскольку абстрактно-символическое мышление представляет способность к обработке информации в ключе абстрактно-символической модели, для проверки преимущества билингвов в его развитости были разработаны специальные математические задачи.

В данных задачах алгебраические функции представлены в нетрадиционном виде, использован новый символ для представления определенной последовательности основных математических операций. Типовая формулировка задач имеет следующий вид: $x \& y = xy + x - y$. Чему равно $5 \& 3$?

Для решения данной задачи требуется абстрактно-символической подход, новый символ обозначает связь между переменными, то есть некое отношение, определенное набором математических операций. В процессе решения задачи необходимо манипулировать буквами, представляющими переменные, причем для получения результата решения для нескольких элементов требуется использовать результаты действия одной функции в качестве входных данных для применения к ним другой функции. На рис. 1

представлены формулировки разработанных символьных математических задач.

Примеры и решения символьных задач	
Ниже представлены примеры простых символьных математических задач. Для первой задачи приведено полное решение, а для остальных даны ответы.	
1. $x \infty y = xy + x - y$	Чему равно $4 \infty 5$? Решение: $4 \infty 5 = 4 \times 5 + 4 - 5 = 19$ Ответ: 19
2. $x \cup y = x/y + y - 3$	Чему равно $6 \cup 2$? Ответ: 2
3. $x \cdot y = 7x - 2y$	Чему равно $5 \cdot 3$? Ответ: 29
4. $x \alpha y = (3y - 4x) + 5$	Чему равно $1 \alpha 4$? Ответ: 8
Задания низкого уровня сложности	
1. $x @ y = (x - y) + (2x + 3y)$	Чему равно $4 @ 2$?
2. $x \S y = (xy) (x + y)$	Чему равно $5 \S 3$?
3. $x \text{€} y = (x + y)^2 / (x - y)$	Чему равно $4 \text{€} 2$?
4. $x \# y = x^3 - y + 2x + 3y$	Чему равно $1 \# 7$?
Задания среднего уровня сложности	
1. $x \rightarrow y = (xy) (x + y)$	Чему равно $(4 \rightarrow 2) \rightarrow 3$?
2. $x \text{©} y = y^2 + xy$	Чему равно $5 \text{©} (3 \text{©} 2)$?
3. $x \leq y = xy \quad x \geq y = x/y$	Чему равно $(9 \leq 2) \geq 3$?
4. $[x] = x^2 / 2 \quad \{y\} = y + 2$	Чему равно $[7] / \{7\}$?
Задания повышенного уровня сложности	
1. $\langle x \rangle = 4x - 2 \quad 2 - \langle x \rangle = x - 1$	Чему равно x ?
2. $x ? y = 11x/y \quad z ? 7 = 200$	Чему равно z ?
3. $x \leftrightarrow y = (x - 2y)/y$ $4 \leftrightarrow 5 = z \leftrightarrow 10$	Чему равно z ?
4. $(x) = x^2 - x \quad (y) = (y - 2)$	Чему равно y ?

Рис. 1. Символьные математические задачи

Идея разработки данных типов задач была взята из математической теории групп. Они были сконструированы для проверки развитости абстрактно-символического мышления испытуемых способом, который не зависит от их предыдущего опыта работы с алгебраическими функциями. С помощью решения данной экспериментальной задачи делается попытка проверить верность предположения о том, что билингвы превосходят монолингвов в решении задач по математике, требующих абстрактных и символьных преобразований. Соответственно, если билингвизм дает определенные преимущества в развитии абстрактно-символического мышления, то оно может проявиться при решении математических задач данного типа.

Материалы и методы

В эксперименте участвовал шестьдесят один студент первого курса Института филологии и межкультурной коммуникации Казанского федерального университета (Россия); возраст участников эксперимента, изучающих общий курс высшей математики, – от 18 до 20 лет.

Все эти участники педагогического эксперимента определялись как ранние билингвы ($N=29$) и монолингвы ($N=32$). Ранними билингвами в рамках данного исследования считаются те студенты, которые находились под длительным воздействием более чем одного языка до семилетнего возраста (под длительным воздействием понимается то, что оба родителя в семье говорят на языке, отличном от русского, или что индивид посещал школу, в которой учился не на русском языке). Монолингвами считаются носители русского языка, которые с раннего детства не испытывали длительного воздействия другого языка.

Выбор только ранних билингвов для выявления и проверки положительных эффектов был основан на предыдущих исследованиях, когда изучались когнитивные преимущества, связанные с ранним двуязычием [Bialystok, Craik, Luk].

После того как студенты дали согласие на участие в эксперименте, им было предложено заполнить анкету по индивидуальному опыту овладения языками для составления их языкового анамнеза.

Языковой анамнез участников эксперимента был составлен с помощью интервью. В выборке двуязычных респондентов 90% указали русский язык в качестве доминантного, а 31% – русский в качестве первого приобретенного языка. Другими доминантными языками были татарский (3%), таджикский (3%) и узбекский (3%). Двуязычные участники сообщили также о своих миноритарных языках: русский (14%), казахский (14%), азербайджанский (10%), марийский (10%), удмуртский (10%), узбекский (10%), таджикский (7%), китайский (7%), азербайджанский (3%) и башкирский (3%).

Участников-билингвов педагогического эксперимента попросили по шкале от 0 до 10 (0=нет, 10=идеально) охарактеризовать свой уровень владения первым и вторым языком для такого вида речевой деятельности, как «говорение», и для «понимания». Билингвы сообщили о сходных уровнях владения первым языком ($M=8,36$; $SD=1,48$) и вторым языком ($M=8,49$; $SD=1,24$) в области говорения (где M – математическое ожидание, SD – дисперсия). Также были получены сходные уровни для первого ($M=8,66$; $SD=1,34$) и второго языков ($M=8,88$; $SD=1,03$) в области понимания.

Все монолингвы сообщили, что их доминантным языком является русский. Средний возраст начала овладения вторым языком для них

был 7,13 ($SD=1,53$). В отличие от двуязычных участников, монолингвы сообщили о более высоком уровне владения русским языком в области говорения ($M=9,61$; $SD=0,93$) и более низком для их второго языка ($M=2,23$; $SD=1,16$). Одноязычные участники также выше охарактеризовали свой уровень владения русским языком в части понимания ($M=9,65$; $SD=0,76$), чем для второго языка ($M=2,97$; $SD=1,57$).

Затем участникам педагогического эксперимента для решения были предложены специально разработанные математические задачи (см. рис 1): четыре типа символических математических задач возрастающей сложности, состоящих из 4 заданий. Решение первой задачи в каждом варианте было приведено в качестве примера. После выполнения каждой из оставшихся трех задач участники были проинформированы о том, правильный ли они получили ответ на задачу или дали неправильный ответ. Далее участники решили еще 12 задач, разделенных на три уровня сложности (легкий, средний и сложный). Уровень сложности определялся количеством новых символов в задаче, а также количеством абстрактных мыслительных операций, необходимых для ее решения.

Задачи были представлены в порядке возрастания сложности, и все участники педагогического эксперимента выполняли одни и те же задачи в одинаковой последовательности. Задачи были представлены на экране компьютеров, испытуемые записывали ответы в специальном рабочем листе ответов. Им было предложено как можно больше преобразований и вычислений производить в уме, также они были обеспечены бумагой и ручкой, которыми могли воспользоваться при необходимости. Участники выполняли задания в своем темпе и получали по одному баллу за каждый правильный ответ.

Результаты

На диаграмме (рис. 2.) представлено распределение в долях единицы количества правильно решенных символьных математических задач каждого уровня сложности между монолингвами и билингвами. На диаграмме видно, что существуют незначительные отличия между билингвами и монолингвами в пользу последних в решении задач низкого и среднего уровня сложности. Однако существенные различия наблюдаются в пользу билингвов в решении символьных математических задач повышенной сложности.

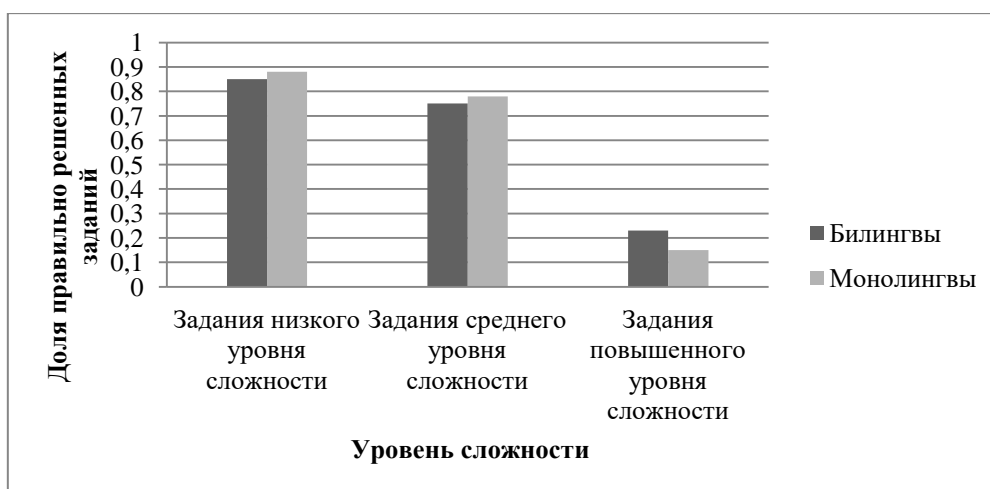


Рис 2. Распределение количества правильно решенных символьных математических задач каждого уровня сложности между монолингвами и билингвами.

Обсуждение

В данном педагогическом эксперименте наблюдалось преимущество двуязычных обучающихся при решении сложных символьных математических задач. Данное преимущество может быть связано с тем, что двуязычные участники имеют более развитое абстрактно-символическое мышление. Результаты данного исследования доказывают предположение о том, что билингвы могут лучше понимать значение символов, чем монолингвы.

Существует много научных статей, где описаны проблемы, с которыми сталкиваются во время обучения математике билингвы и студенты, изучающие второй язык. Тем не менее, как показывает текущее исследование, билингвизм может также дать определенные преимущества в развитости абстрактно-символического мышления, которое является важнейшим фундаментом при изучении алгебры. Поэтому билингвы также могут испытывать некоторые преимущества в изучении алгебры, что согласуется с выводами [Planas]].

Результаты эксперимента потенциально также могут быть объяснены групповыми различиями в исполнительном контроле или в социально-экономическом статусе участников. Несколько исследователей выразили обеспокоенность тем, что некоторые ранее выявленные различия между монолингвами и билингвами могли фактически быть результатом различий в социально-экономическом статусе между выборками испытуемых [Paar, Greenberg]. Поскольку социально-экономический статус, как известно, связан с развитостью когнитивных навыков, важно обеспечить соответствие одноязычной и двуязычной выборок по уровню совокупного дохода родителей или другим важным характеристикам семьи (например, уровню образования родите-

лей). Этот факт должен быть отмечен, поэтому альтернативное объяснение, основанное на различиях между выборками билингвальных и монолингвальных участников, не может быть исключено.

Предыдущие исследования показали преимущества исполнительного контроля билингвов [Bialystok, Craik, Luk], так как считается, что исполнительный контроль играет определенную роль в способности решать новые задачи, преимущество билингвов в развитости функций исполнительного контроля могли бы также объяснить полученные в данном эксперименте результаты. Поскольку в процессе решения символьной математической задачи от участников эксперимента требуется запоминание результатов предыдущих преобразований, для того чтобы использовать их в последующих вычислениях, успешность выполнения задачи также может зависеть от объема рабочей памяти личности. Для рассмотрения возможных альтернативных объяснений результатов эксперимента в будущем необходимо провести еще одно исследование.

Данная работа обогащает растущий объем исследований, проводимых учеными из различных областей науки, изучающих сложную картину эффектов двуязычного опыта и объективно существующего стратегического ресурса индивидуального двуязычия. Преподавателям и учителям важно знать о слабых и сильных сторонах двуязычных обучающихся, чтобы учитывать их в методике обучения математическим дисциплинам в высших учебных заведениях и в школе.

Список литературы

Жеребило Т. В. Словарь лингвистических терминов. Изд.5-е, испр-е и дополн. Назрань: Пилигрим,

2010. URL: https://lingvistics_dictionary.academic.ru/20 (дата обращения: 11.04.2020).

Выготский Л. С. Мышление и речь. М.-Л.: Соцэкгиз, 1934. 323 с.

Adesope O. O., Lavin T., Thomson T., Ungerleider C. A systematic review and meta-analysis of the cognitive correlates of bilingualism. *Review of Educational Research*. 2010. Vol. 80. Pp. 207–245.

Bialystok E., Craik F. I., Luk G. Bilingualism: Consequences for mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 2012. 16. Pp. 240–250.

Campbell A. E., Davis G. E., Adams V. M. Cognitive demands and second language learners: A framework for analyzing mathematics instructional contexts. *Mathematical Thinking and Learning*, 2007. 9. Pp. 3–30.

Gentner D., Goldin-Meadow S. *Language in mind: Advances in the study of language and thought*. Cambridge, MA: MIT Press, 2003.

Haag N., Heppt B., Stanat P., Kuhl P., Pant H. A. Second language learners' performance in mathematics: Disentangling the effects of academic language features. *Learning and Instruction*, 2013. 28. Pp. 24–34.

Paap K. R., Greenberg Z. I. There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. *Cognitive Psychology*. 2013. 66. Pp. 232–258.

Planas N. One speaker, two languages: learning opportunities in the mathematics classroom. *Educational Studies in mathematics*. 2014. 87. Pp. 51–66.

Spelke E. S., Tsivkin S. Language and number: a bilingual training study. *Cognition*. 78 (1), 2001.

view of Educational Research. Pp. 80, 207–245. (In English)

Bialystok, E., Craik, F. I., & Luk, G. (2012). *Bilingualism: Consequences for Mind and Brain*. *Trends in Cognitive Sciences*. Pp. 16, 240–250. (In English)

Campbell, A. E., Davis, G. E. & Adams, V. M. (2007). *Cognitive Demands and Second Language Learners: A Framework for Analyzing Mathematics Instructional Contexts*. *Mathematical Thinking and Learning*. Pp. 9, 3–30. (In English)

Haag, N., Heppt, B., Stanat, P., Kuhl, P. & Pant, H. A., (2013). *Second Language Learners' Performance in Mathematics: Disentangling the Effects of Academic Language Features*. *Learning and Instruction*. Pp. 28, 24–34. (In English)

Gentner, D., & Goldin-Meadow, S. (2003). *Language in Mind: Advances in the Study of Language and Thought*. Cambridge, MA: MIT Press. (In English)

Spelke, E. S., & Tsivkin, S. (2001). *Language and Number: A Bilingual Training Study*. *Cognition*. P. 78(1). (In English)

Paap, K. R & Greenberg, Z. I. (2013). *There Is No Coherent Evidence for a Bilingual Advantage in Executive Processing*. *Cognitive Psychology*. Pp. 66, 232–258. (In English)

Planas, N. (2014). *One Speaker, Two Languages: Learning Opportunities in the Mathematics Classroom*. *Educational Studies in Mathematics*. Pp. 87, 51–66. (In English)

Vygotsky, L. S. (1934). *Мышление и речь* [Thought and Language]. P. 323. Moscow, Leningrad. Socekiz. (In Russian)

Zherebilo, T. V. (2010). *Slovar' lingvisticheskikh terminov* [Dictionary of Linguistic Terms]. Izd. 5-e, ispr-e i dopoln. Nazran', izd-vo "Piligrim". URL: https://lingvistics_dictionary.academic.ru/20 (accessed: 11.04.2020). (In Russian)

References

Adesope, O. O., Lavin, T., Thomson, T., & Ungerleider, C. (2010). *A Systematic Review and Meta-Analysis of the Cognitive Correlates of Bilingualism*. *Re-*

The article was submitted on 05.05.2020

Поступила в редакцию 05.05.2020

Салехова Ляйля Леонардовна,
доктор педагогических наук,
профессор,
Казанский федеральный университет,
420008, Россия, Казань,
Кремлевская, 18.
salekhova2009@gmail.com

Мухаметшин Ленар Миннеханович,
ассистент,
Казанский федеральный университет,
420008, Россия, Казань,
Кремлевская, 18.
mlenarm@gmail.com

Salekhova Leila Leonardovna,
Doctor of Pedagogy,
Professor,
Kazan Federal University,
18 Kremlyovskaya Str.,
Kazan, 420008, Russian Federation.
salekhova2009@gmail.com

Mukhametshin Lenar Minnekhanovich,
Assistant Professor,
Kazan Federal University,
18 Kremlyovskaya Str.,
Kazan, 420008, Russian Federation.
mlenarm@gmail.com