

Комитет общего и профессионального образования Ленинградской области
Государственное бюджетное учреждение дополнительного
образования «Ленинградский областной центр развития творчества
одарённых детей и юношества «Интеллект»

Программа рассмотрена и принята
на методическом совете
ГБУ ДО «Центр «Интеллект»
Протокол № 2 от 26.01.2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора ГБУ ДО

«Центр «Интеллект»

Рочев Д.И.

Приказ № 14 от 29.01.2018 г.



Дополнительная общеобразовательная программа
«Учение о химическом процессе»
(естественнонаучная направленность)

Возраст обучающихся: 15-17 лет
Срок реализации: 1 календарный год
(144 аудиторных часа)
Авторы программы:
Карцова А.А., д.х.н.
Скрипкин М.Ю., к.х.н.
Севастьянова Т.Н., к.х.н.

Санкт-Петербург
п. Лисий Нос
2018

НАПРАВЛЕНИЕ

Наука. Химия.

ПРОФИЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

«Учение о химическом процессе»

Авторы программы:

Карцова Анна Алексеевна, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры органической химии Санкт-Петербургского государственного университета

Скрипкин Михаил Юрьевич, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии Санкт-Петербургского государственного университета

Севастьянова Татьяна Николаевна, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии Санкт-Петербургского государственного университета

Целевая аудитория

Для обучения по настоящей программе принимаются школьники 15-16 лет, проявившие интерес к ней и продемонстрировавшие высокий потенциал как при освоении школьной общеобразовательной программы, так и в творческих соревнованиях химического профиля (олимпиады, химические турниры, конкурсы исследовательских работ и т.п.)

Аннотация к программе

Программа направлена на углубление понимания химической науки, понимание логики химических процессов, факторов, определяющих потенциальную возможность и реальную осуществимость их протекания. Основные теоретические положения химической термодинамики и кинетики иллюстрируются на большом числе конкретных модельных процессов, имеющих существенное значение для биологии, медицины, геологии, экологии, химии и химической технологии и т.д. Учащиеся получают опыт прогнозирования условий осуществления тех или иных процессов, прогнозирования путей их протекания в зависимости от внутренней природы вещества.

Цели и задачи программы

Цели, задачи и планируемые результаты.

- Развитие экспериментальных навыков в области химии.
- Развитие практико-ориентированного мышления и умения работать в коллективе в процессе выполнения практико-ориентированных задач.
- Подготовка к участию во Всероссийской олимпиаде по химии, Международной Менделеевской олимпиаде, во Всероссийских исследовательских конференциях школьников по химии

В процессе освоения программы планируется, что каждый ее выпускник:

- обретет устойчивые навыки экспериментальной работы с веществами и материалами;
- существенно повысит свой уровень готовности к решению задач олимпиад всероссийского и международного уровня;
- на основе анализа конкретных ситуаций научиться формулировать задачи и самостоятельно их решать;

- сможет выделять межпредметные связи при решении практико-ориентированных задач;
- приобретет первичные навыки популяризации химии и смежных областей знаний.

Содержательная характеристика программы

В программе будут рассмотрены ключевые понятия и основные законы химической термодинамики и химической кинетики, их использование при описании и прогнозировании путей протекания химических процессов. Основные структурные блоки программы:

1. Понятие о химической реакции. Роль химических реакций в процессе синтеза новых материалов, в современных технологиях. Именные реакции. Основные расчеты по уравнениям химических реакций. Факторы, определяющие возможность осуществления химической реакции.
2. Понятие химической системы. Классификация химических систем.
3. Термохимия. Закон Лавуазье-Лапласа и закон Гесса. Термохимические расчеты.
4. Критерии возможности самопроизвольного протекания реакций в закрытых и изолированных системах.
5. Условия осуществления процессов, протекания которых запрещено термодинамически. Сопряженные реакции. Примеры сопряженных реакций в биологических системах.
6. Формальная химическая кинетика: основные понятия.
7. Механизмы химических реакций. Элементарные (одностадийные) реакции. Параллельные и последовательные реакции.
8. Связь механизма реакции и строения реагентов. Реакции, протекающие по радикальному, электрофильному, нуклеофильному механизму.
9. Катализ. Типы катализа. Гомогенный, гетерогенный, ферментативный, металлоорганический. Новые типы катализаторов. Понятие об ингибиторах – замедлителях химического процесса.
10. Состояние химического равновесия: кинетический и термодинамический подход. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье.
11. Реакции в растворах. Основные типы реакций в растворах. Электролитическая диссоциация. Реакции ионного обмена, условия их одностороннего протекания.
12. Протолитические равновесия в растворах. Гидролиз. Растворение труднорастворимых соединений. Комплексообразование в растворах и конкурирующие процессы. Их роль в окружающем нас мире. Равновесия в растворах и экологические аспекты
13. Окислительно-восстановительные процессы. Электролиз. Окислительно-восстановительные процессы в окружающем нас мире.
14. Учет термодинамических и кинетических факторов в химической технологии.

Основные методы и формы реализации содержания программы: проект, аналитическая деятельность и поиск информации, теоретические лекции, семинары и групповая дискуссия, лабораторные работы, эрудиционы, миконференции.

Примеры задач:

1. Молодая дама, «соблюдающая фигуру», не удержалась от соблазна и поглотила сладостей на 50% больше обычной ежедневной нормы (9,2 кДж). Сколько времени она должна: а) стирать белье (0,54); б) ездить на велосипеде (0,92); в) бегать трусцой (2,1), чтобы компенсировать излишества? (В скобках – энергетические затраты организма $\Delta H_{\text{сгор}}$, кДж/час).
2. Хорошо известно, что при взаимодействии концентрированной серной кислоты с водой выделяется большое количество теплоты. В термодинамическом справочнике можно найти следующие данные о теплотах образования (Q_f) серной кислоты. Q_f , кДж·моль⁻¹

| | |
|------------------------------------|--------|
| $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$ | 813.99 |
| $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ | 909.27 |

Индексы в скобках имеют следующий смысл: (l) – жидкая кислота, (aq) – кислота, полностью ионизированная в воде.

Вопросы:

1. Какое количество теплоты выделяется при растворении 1 моль 100 %-ной серной кислоты в количестве воды, достаточном для полной ионизации кислоты?

2. Какую массу воды можно нагреть от 25 °С до 100 °С с помощью этого количества теплоты? Считайте, что теплоёмкость воды C_p равна 75.3 Дж·моль⁻¹·К⁻¹ и не зависит от температуры.

3. Какую массу воды можно нагреть от 25 °С до 100 °С и испарить с помощью этого количества теплоты? Теплота испарения воды при 100 °С равна 40.66 кДж·моль⁻¹.

4. Исходя из проведенных расчётов, объясните, почему при разбавлении концентрированной серной кислоты её нужно добавлять небольшими порциями к воде, а не наоборот.

3. Смесь водорода и азота содержит равные объёмы газов. После пропускания смеси газов над катализатором при определенных условиях 0,1 часть азота пошла на образование аммиака. Каково соотношение азота и водорода в смеси? Как изменился объём смеси.

4. Вычислить процентное содержание водорода в смеси его с кислородом, если известно, что 120 мл такой смеси после сжигания водорода и приведения полученной смеси к первоначальным условиям заняли объём 93 мл (объём воды не учитывать).

5. Почему для получения высокотемпературного пламени, необходимого для сварки и резки металлов, применяется ацетилен, а не этан, хотя теплоты сгорания этих двух газов, вычисленные при нормальных условиях, равны соответственно 1300 и 1561 кДж/моль? Дайте мотивированный ответ с уравнениями химических реакций.

6. Растворение железа в серной кислоте при 20°С заканчивается через 15 минут, а при 30 °С такой же образец металла растворяется за 6 минут. За какое время данный образец железа растворится при 35 °С?

7. Газовую смесь, полученную при обжиге пирита и содержащую 9%SO₂, 10% O₂ и 81%O₂ (по объёму), пропустили через контактный аппарат при температуре 530оС и давлении 120 атм. Конечная газовая смесь содержала 2% SO₂ (по объёму). Вычислите константу равновесия K_p реакции



Образовательные технологии

Интерактивные лекции, проведение занятий в Музее Д.И.Менделеева, тренинги решения олимпиадных заданий, мастер-классы проектирования и моделирования, групповое проектирование, тестирование, лабораторные исследования, дискуссии, самостоятельное решение задач в электронной среде, командные соревнования, формирование индивидуальных траекторий и т.д.

| № | Форма организации образовательного процесса | Соотношение численности детей и преподавателей |
|----|---|--|
| 1. | Лекции | Поток до 40 человек); 1 преподаватель на поток |
| 2 | Семинары и мини-дискуссии | Группы до 15 человек, один преподаватель на группу |
| 3 | Лабораторные работы | Группы до 12 человек, один преподаватель и один лаборант, отвечающий за подготовку и сопровождение работы, на группу |
| 4. | Тестирование | Индивидуально, за персональными компьютерами, 40 человек одновременно; 1 руководитель, 1 специалист технической |

| | | |
|----|-----------------------------------|--|
| | | поддержки |
| 5. | Тренинг решения олимпиадных задач | Малые группы по 3-5 человек, 1 консультант на группу |

Задания проектного и исследовательского характера, выполняемые в рамках программы

Примеры заданий:

1. Новое поколение катализаторов
2. Термодинамическое обоснование процесса синтеза определенного вещества (например, безводный $Al(OH)_3$ или *йодид сурьмы*).
3. Применение комплексов типа «гость-хозяин» при решении медико-биологических задач
2. Учимся управлять химическими процессами (на примере технологий производства конкретных химических веществ).

Учебно-тематический план занятий

| Содержание | Методы | Ресурсы | Трудоемкость | Способ контроля | Оценка |
|--|--|---|--|--|---|
| Тема. Краткая содержательная характеристика | Методы совместной деятельности педагога и учащихся | Необходимые ресурсы для организации деятельности | Трудоемкость для учащихся. Всего (в том числе – под руководством педагога) | Способ проверки качества освоения | Оценка в системе текущего контроля (накопительный балл, из 100 возможных) |
| Основные понятия учения о химическом процессе | Лекция, семинар | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем | 6 | тест | 4 |
| Термохимия. Термохимические расчеты. | Лекция, семинар | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем | 8 | Тест, проверочная работа | 6 |
| Критерии возможности протекания химических реакций | Лекция, семинар(активный диалог с аудиторией) | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем | 8 | Тест, проверочная работа | 6 |
| Основы химической кинетики | Тест, проверочная работа, лабораторная работа | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем, описание лабораторной работы | 12 | Тест, проверочная работа, протокол лабораторной работы | 8 |
| Катализ в органической и неорганической химии | Лекция, семинар | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем | 6 | Тест, проверочная работа | 4 |
| Механизмы | Лекция, | Аудитория, | 18 | Тест, | 6 |

| | | | | | |
|--|--|---|---------------|--|---------------|
| химических реакций | семинар | раздаточные материалы, подготовленные преподавателем | | проверочная работа | |
| Химическое равновесие: кинетический и термодинамический подходы | Тест, проверочная работа, лабораторная работа | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем, описание лабораторной работы | 12 | Тест, проверочная работа, протокол лабораторной работы | 8 |
| Кислотно-основные теории в химии. Протолитические равновесия в растворах | Тест, проверочная работа, лабораторная работа | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем, описание лабораторной работы | 18 | Тест, проверочная работа, протокол лабораторной работы | 8 |
| Окислительно-восстановительные процессы в растворах | Тест, проверочная работа, лабораторная работа | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем, описание лабораторной работы | 18 | Тест, проверочная работа, протокол лабораторной работы | 8 |
| Учет термодинамических и кинетических факторов в химической технологии | Тест, проверочная работа, лабораторная работа | Аудитория, раздаточные материалы, подготовленные преподавателем, описание лабораторной работы | 6 | Тест | 2 |
| Решение олимпиадных задач | Решение задач в микрогруппах, консультативная поддержка педагога | Сборники олимпиадных задач (1 на группу учащихся), аудитория для групповой работы | 12 часов | Индивидуальная контрольная работа (не менее 2-х задач) | 20 баллов |
| Решение творческих задач, выполнение индивидуальных проектов | Творческий семинар «Беру патент» по решению изобретательских задач промышленной направленности Решение задач индивидуально и в микрогруппах, консультативная поддержка педагога | Справочные материалы | 20 часов | Публичная защита работ | 20 баллов |
| ИТОГО | | | 144 ч. | | 100 б. |

Требования к условиям организации образовательного процесса

Для проведения занятий требуются аудитории, оснащенные доской, компьютером и мультимедийным проектором. Для размножения в необходимом количестве требуемых раздаточных материалов требуются принтер и сканер (или МФУ).

Лабораторные работы проводятся на базе учебной лаборатории общей и неорганической химии СПбГУ. Необходимое для проведения занятий количество химических реактивов, посуды и лабораторного оборудования определяется ежегодно. Примерный перечень приведен ниже.

При работе используются следующие учебные пособия:

1. Карцова А.А., Левкин А.Н. Химия. 11 класс. Химический лицей. Профильный уровень. М.: «Вентана-Граф». 2012.
2. Карцова А.А., Левкин А.Н. Химия. 10 класс. Химический лицей. Профильный уровень. М.: «Вентана-Граф». 2010.
3. Габриелян О.С., Остроумов И.Г., Соловьев С.Н., Маскаев Ф.Н. Общая химия: учебник для 11 класса. М.: Просвещение, 2005.
4. Габриелян О.С., Остроумов И.Г., Введенская А.Г. Общая Химия в тестах, задачах, упражнениях. 11 класс. М.: Дрофа, 2007.
5. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая и неорганическая химия. М.: Юрайт. 2016
6. Суворов А.В., Никольский А.Б. Вопросы и задачи по общей химии. СПб: Химииздат. 2002.
7. Левкин А.Н., Карцова Л.А. Школьная химия: самое необходимое. СПб: Азбука, 2008.
8. Б.Д.Степин, Л.Ю.Аликберова. Книга по химии для домашнего чтения. Л.: Химия, 1994.
9. Б.Д.Степин, Л.Ю.Аликберова. Занимательные задачи и эффектные опыты по химии. М.: Дрофа, 2002.
10. Леенсон И.А. 100 вопросов и ответов по химии. М.: АСТ. Астрель. 2002.
11. Скрипкин М.Ю., Севастьянова Т.Н., Алябьева В.П., Гусев И.М., Соколова О.Б., Воеводина Е.А., Борисова М.В. Лабораторные работы по общей и неорганической химии для школьников. СПб, изд-во СПбГУ, 2017.
12. Сборники олимпиадных задач.

Интернет-ресурсы:

<http://www.chemnet.ru> – ChemNet: Портал фундаментального химического образования России. Химическая информационная сеть

<http://experiment.edu.ru> – Естественно-научные эксперименты – химия: Коллекция Российского общеобразовательного портала

<http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/> Электронная библиотека учебных материалов по химии на портале Chemnet.

<http://www.alhimik.ru>

<http://www.xumuk.ru>

<http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/> - портал олимпиад школьников по химии

<http://chemspb.3dn.ru/> - портал Санкт-Петербургской городской олимпиады школьников по химии

<http://abiturient.spbu.ru/index.php/russkij/olimpiada-shkolnikov/arkhiv-olimpiady-shkolnikov-spbgu> - портал олимпиады школьников СПбГУ

Для проведения лабораторных работ требуются следующие материальные ресурсы:

- Примерный перечень реактивов, расходуемых на реализацию программы в 2 группах обучающихся (25 человек):

| № | Наименование | Квалификация | Количество | Ед. изм. |
|---|-----------------|--------------|------------|----------|
| 1 | Серная кислота | ХЧ | 1 | л |
| 2 | Соляная кислота | ХЧ | 2 | л |

| | | | | |
|----|---|-----|------|----|
| 3 | Уксусная кислота | ХЧ | 0,5 | л |
| 4 | Гидроксид натрия | Ч | 1 | кг |
| 5 | Гидроксид калия | Ч | 0,5 | кг |
| 6 | Аммиак | Ч | 1 | л |
| 7 | Аммония хлорид | ХЧ | 0,2 | кг |
| 8 | Аммония сульфат | ХЧ | 1 | кг |
| 9 | Натрия дигидрофосфат, 2-водный | ХЧ | 0,2 | кг |
| 10 | Натрия гидрофосфат, 12-водный | ХЧ | 0,2 | кг |
| 11 | Натрия фосфат, 12-водный | ХЧ | 0,2 | кг |
| 12 | Натрия хлорид | Ч | 2 | кг |
| 13 | Натрия карбонат, 10-водный | Ч | 0,5 | кг |
| 14 | Натрия гидрокарбонат | ХЧ | 2 | кг |
| 15 | Натрия сульфат | ХЧ | 0,1 | кг |
| 16 | Натрия сульфит | ХЧ | 0,1 | кг |
| 17 | Натрия нитрит | ХЧ | 0,2 | кг |
| 18 | Натрия сульфид, 9-водный | Ч | 0,2 | кг |
| 19 | Натрия гексанитрокобальтат(III) (кобальтинитрит) | ХЧ | 0,05 | кг |
| 20 | Калия бромид | ХЧ | 0,2 | кг |
| 21 | Калия иодид | ХЧ | 0,5 | кг |
| 22 | Калия хлорид | ХЧ | 0,2 | кг |
| 23 | Калия нитрат | ХЧ | 0,2 | кг |
| 24 | Калия сульфат | ХЧ | 1 | кг |
| 25 | Алюминия сульфат, 7-водный | ХЧ | 2 | кг |
| 26 | Олова (II) хлорид 2-водный | Ч | 0,1 | кг |
| 27 | Олова (IV) хлорид 5-водный | Ч | 0,1 | кг |
| 28 | Стронция хлорид | Ч | 0,1 | кг |
| 29 | Железа сульфат (III) 9-водный | Ч | 0,1 | кг |
| 31 | Хрома сульфат 6-водный | ХЧ | 2 | кг |
| 32 | Цинка сульфат, 7-водный | ХЧ | 0,2 | кг |
| 33 | Бария хлорид, 2-водный | ХЧ | 0,2 | кг |
| 34 | Меди сульфат, 5-водный | ХЧ | 0,5 | кг |
| 35 | Магний (стружка) | - | 0,05 | кг |
| 36 | Медь (стружка) | - | 0,05 | кг |
| 37 | Алюминий (гранулы) | - | 0,05 | кг |
| 38 | Цинк (гранулы) | - | 0,05 | кг |
| 39 | Калия перманганат | ХЧ | 0,1 | кг |
| 40 | Калия бихромат | ХЧ | 0,1 | кг |
| 41 | Кальция хлорид, безводный | Ч | 0,5 | кг |
| 42 | Водорода перекись | 30% | 1 | л |
| 43 | Углерод четыреххлористый | Ч | 0,2 | л |
| 44 | Спирт этиловый | Ч | 1 | л |
| 45 | Кислота щавелевая | ХЧ | 0,5 | кг |
| 46 | Трилон Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, 2-водная, ЭДТА) | ХЧ | 0,5 | кг |
| 47 | Фильтры беззольные «синяя лента» | - | 10 | уп |

- Перечень посуды и расходных материалов, используемых в процессе проведения лабораторных работ и требующей замены по мере выхода из строя (разбития):

1. Колбы мерные 100, 250, 1000, 2000 мл.
2. Стаканы стеклянные/пластиковые 200, 500 мл.
3. Стаканы термостойкие 200, 500, 1000 мл.
4. Пипетки мерные 5, 10, 25 мл.
5. Цилиндры мерные 10, 20, 50, 100, 500 мл.
6. Колба коническая 100, 250, 500 мл.
7. Колба круглодонная 500 мл.
8. Бюретка мерная 50 мл.
9. Пробирка стеклянная 10-12 мл.
10. Палочка стеклянная.
11. Тигли фарфоровые.
12. Бюксы стеклянные 10, 25 мл.
13. Воронки стеклянные/пластиковые.
14. Пробки резиновые, диам. 10, 14, 29, 32 мм.

Оценка реализации программы и образовательные результаты программы

| Содержательный модуль | Оценка в баллах | Кто оценивает |
|-----------------------------|-----------------|---|
| Тест | 0-2 баллов | преподаватель |
| Проверочная работа | 0-6 баллов | преподаватель |
| Лабораторная работа | 0-6 баллов | преподаватель |
| Решение Олимпиадных задач | 0 – 20 баллов | Руководитель тренинга |
| Выполнение и защита проекта | 0-20 баллов | Комиссия, в случае группового проекта – руководитель группы |
| Итого | 100 | |

Требования к кадровому обеспечению

Программа реализуется преподавателями высших учебных заведений и учителями, имеющими высшую квалификационную категорию. До проведения практических занятий (семинары, лабораторные работы) также допускаются аспиранты, проявившие несомненную склонность к педагогической деятельности. Подготовка и сопровождение лабораторных работ производится учебно-вспомогательным персоналом, имеющим высшее или среднее специальное химическое образование.

Электронные ресурсы программы.

Реализуется постоянно действующая дистанционная поддержка работы участников программы, как в виде дистанционной программы обучения химии, так и в виде тьюторской поддержки проектной деятельности.

Описание системы взаимодействия с партнерами

Программа реализуется в рамках действующего соглашения о сотрудничестве с Санкт-Петербургским государственным университетом.