

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан
Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған
«Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты
халықаралық ғылыми-практикалық конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ
27 мамыр 2022 ж.**

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции «Актуальные
проблемы химического образования и химической науки», приуроченной
ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана
Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны
27 мая 2022 г.**



**ТАШЕНОВ АУЭЗХАН
КАРИПХАНОВИЧ
(04.04.1950-11.07.2021)**



**РАХМАДИЕВА СЛУКЕН
БИГАЛИЕВНА
(21.01.1952-11.07.2021)**

**27 мамыр 2022
Нұр-Сұлтан**

УДК 54

ББК 24

G99 Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция=Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны. – Нұр-Сұлтан: –б. - қазақша, орысша.

ISBN 978-601-337-690-5

Жинақта 2022 жылғы 27 мамырда Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ-де (Нұр-Сұлтан қ.) өткен Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары жинақталған. Конференция материалдары химия ғылымы мен білім берудің әртүрлі мәселелеріне арналған және секцияларға бөлінген. Жинаққа ақымдағы мамандарға арналған.

Сборник содержит материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны, проходившей 27 мая 2022 г. в ЕНУ им. Л.Н.Гумилева (г.Нур-Султан). Материалы конференции посвящены различным проблемам химической науки и образования и распределены по секциям. Сборник предназначен для широкого круга специалистов.

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

***Еркасов Р.Ш., д.х.н., профессор;
Амерханова Ш.К., д.х.н., профессор;
Султанова Н.А., д.х.н., профессор;
Машан Т.Т., к.х.н., и.о.профессора;
Суюндикова Ф.О., к.х.н., доцент;
Копишев Э.Е., к.х.н., и.о.доцента***

УДК 54

ББК 24

ISBN 978-601-337-690-5

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2022

А.Х.Жумажанова, Т.Т. Машан, А.А.Тургунбаева

*Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Жаратылыстану ғылымдары факультетінің
химия кафедрасының магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан,
(E-mail: Zhumazhanova-1998@mail.ru)*

Мектепте химияны оқытуда аналогия әдісін қолдану

Түйіндеме: Химияны үйрену көптеген орта мектеп оқушылары үшін қиын болып келеді. Зерттеушілер мұның себептерін жіктеп, үлкен табандылықпен ақылға қонымды шешімді табуға тырысуда. Мұндай талпыныс алдыңғы және жаңа білім арасындағы өзара әрекеттесуді жүзеге асыру үшін көптеген стратегияларды әзірлеуге әкеледі. Аналогия солардың бірі болып табылады, ол жаңа абстрактілі ұғымдар мен оқушыларда бұрыннан бар ұғымдар арасында көпір қызметін атқара алады. Бұл мақала аналогиялардың теориялық негізіне, химияны оқытуда аналогияларды қолданудың өзектілігіне және химияны оқытудағы аналогияның келешекті пайдалы рөліне назар аудартады.

Кілт сөздер: Аналогия, химиялық тепе-теңдік, АО,АОЖМ,ФӨР

Химия ерекше тілі, математикалық және нақты емес концептуалды табиғаты және мазмұнының көлемі үшін қиын пән ретінде қарастырылады. Химиялық білім беру саласындағы зерттеушілер оқушылардың химияны жақсырақ үйренуге көмектесетін жолды зерттеу үшін көптеген стратегияларға назар аударады. Химиядағы негізгі ұғымдарды байланыстыру қиындығы оқушылардың алдында тұрған мәселелерінің бірі болып табылады. Оқушылар күрделі және бейтаныс ұғымдарды меңгеруге тәжірибесі болмағандықтан, бұл мәселені шешудің тиімді жолы - бейтаныс ұғым мен оқушылардың иелігіндегі білім арасындағы көпір құру.

Жалпы алғанда, химияда игерілуі керек деңгейлер бар, атап айтқанда макроскопиялық, микроскопиялық және символдық. Микроскопиялық және символдық деңгейде бұл абстрактілі деңгей, өйткені ол көзге көрінбейді [1]. Макроскопиялық көрініс-бұл құбылысты нақты байқау нәтижесінде алынған

химиялық көрініс, оны сезім мүшелері немесе күнделікті тәжірибе түрінде көруге және қабылдауға болады. Микроскопиялық көрініс-бұл бақыланатын макроскопиялық құбылыстардың бөлшектер деңгейіндегі (атомдық / молекулалық) құрылымы мен процесін түсіндіретін химиялық көрініс. Символдық көріністер-бұл химиялық формулалар, диаграммалар, суреттер, реакция теңдеулері, стехиометрия және математикалық есептеулер сияқты сапалық және сандық химиялық көріністер [2]. Оқу мақсаттарына жету үшін барлық тұжырымдамалар бір-бірімен біріктірілуі керек. Абстрактілі ұғымдарды оқытудың пайдалы әдістерінің бірі-аналогия.

Аналогия – екі ұғымның ұқсастығын салыстыру. Этимологиялық жағынан аналогиялар параллель оқуды білдіреді. Ғылымды оқыту саласына қолданылғанда, бұл анықтама нақты, қарапайым және оқушылардың санасында бұрыннан бар нәрсемен жеткізілгісі келетін белгілі бір ғылыми ұғымдар арасындағы ұқсастық қатынасының параллельді жолын білдіреді [3]. Насериазар «Химиялық тепе-теңдікті зерттеудегі қиындықтар мәселесі аналогиялық оқытуды қолдану арқылы тиімді болуы мүмкін екенін» айтты. Оның зерттеу нәтижелерінен аналогияны қолданған эксперименттік топтағы оқушылар басқа топтағы оқушыларға қарағанда әлдеқайда жоғары нәтиже көрсеткені анықталды. Осы зерттеулердің нәтижелері негізінде химия ұғымын меңгерудегі қиындықтар мен қате түсініктер мәселесін аналогия негізінде оқытуды қолдану арқылы жеңуге болатынын көрсетті [4]. Көптеген оқушылар өздерінің оқытушыларының аналогияларын ұнатады, назар аударады және есте сақтайды. Аналогия оқушыларға сабақта білгендерін түсінуге, елестетуге және есте сақтауға көмектеседі. Бұл ақпарат аналогиялардың синергиясы үшін химия туралы егжей-тегжейлі және толық түсінік беру үшін пайдалы [5].

Аналогтарды қолданудағы әртүрлі модельдер

Қазіргі уақытта аналогияны жүйелі қолдануды анықтайтын үш модель бар. Зейтун жасаған Аналогиялық Оқытудың Жалпы Моделі (АОЖМ) АО моделінен ерекшеленеді, өйткені ол аналогтарды қолдана отырып оқытудың қосымша педагогикалық аспектілерін сипаттайды (Зейтун, 1984). Бұл модель аналогияларды алдын-ала жоспарлау, оқушылардың алдын-ала білімі мен қабілеттерін ескеру, ұқсастықтың салдарын бағалау және оқушылардың талаптарына сәйкес аналогияны қайта қарау қажеттілігін баса көрсетеді. GMAT моделі келесі кезеңдерден тұрады:

1. Жалпы аналогтық оқытуға байланысты оқушылардың кейбір сипаттамаларын өлшеңіз;
2. Тақырып бойынша оқушылардың алдын-ала білімін бағалаңыз;
3. Тақырып бойынша оқу материалын талдаңыз;
4. Қолданылатын аналогияның орындылығын бағалаңыз;
5. Қолданылатын аналогияның сипаттамаларын анықтаңыз.;
6. Оқыту стратегиясын және аналогияны ұсыну құралын таңдаңыз;
7. Оқушыларға аналогия беріңіз ;
8. Оқытуда аналогияны қолдану нәтижелерін бағалаңыз
9. Қажет болса, модель қадамдарын қарап шығыңыз.

Кейінірек 1991 жылы Глинн әдебиетте жиі келтірілетін Аналогиялармен Оқыту (АО) үлгісін жасады (Глинн, 1991). Глинн жаратылыстану оқулықтарындағы ерекше аналогиялар деп санайтын нәрселерді зерттей отырып, аналогиямен оқыту бойынша өзінің нұсқауларын әзірледі. Бұл модель аналогияларды оқыту құралы ретінде пайдалану кезінде мұғалімдер қадағалауы керек алты қадамды қорытындылайды.

1. Мақсатты тұжырымдаманы енгізу,
2. Аналогтық концепцияны ұсыну (оқушылар онымен болуы керек тұжырымдама алдыңғы тәжірибеден таныс),
3. Мақсатты және аналогтық ұғымдардың сәйкес белгілерін анықтау,
4. Мақсатты және аналогтық ұғымдар арасындағы ұқсастықтарды айқын картаға түсіру,
5. Аналогияның қай жерде үзілетінін көрсету, және
6. Аналогтық концепция негізінде мақсатты тұжырымдама туралы қорытынды жасау.

АО моделі аналогиялық әдебиетте кеңінен таралғанымен, оның тиімділігін салыстырмалы түрде аз зерттеген. (Treagust, Harrison, and Venville (1996)) жеті орта мектеп мұғаліміне АО аналогиялық нұсқау үлгісінде сабақ берді, содан кейін мұғалімдердің аналогияларды қолданған сабақтары мен қолданбаған сабақтарын бақылаған. 1993 жылы АО моделін пайдаланған бес тәжірибелі мұғалімді бақылаған соң, Трегуз және оның әріптестері (Трегуз, 1993, Харрисон және Венвилл, 1998) өздерінің ФӘР (фокус, әрекет, рефлексия) моделін әзірледі. Олар мұғалімдердің қадамдарды біркелкі ретпен қолданбағанын анықтады. Керісінше, олар қадамдардың ретін оқушылардың

қажеттіліктеріне және олар үйрететін сабаққа бейімдеді. Бұл мұғалімдер сонымен қатар нұсқау алдында аналогияларын дайындауға және нұсқаудан кейін аналогияны қолданудың әсері туралы ойлануға біраз уақыт бөлді.

ФӘР нұсқаулығы АО немесе АОЖМ үлгілеріне қарағанда қарапайым. ФӘР нұсқаулығын құрастырушылар АО және АОЖМ үлгілерінде ойланатын қадамдар тым көп екенін сезінді, сондықтан олар кез келген мұғалім оңай есте сақтай алатын аналогиялармен оқытуға арналған нұсқаулықты әзірлегісі келді (Трегуз, 1993, Харрисон, and Венвилл, 1998). Олардың ФӘР нұсқаулығының қадамдары төменде берілген (Трегуз 1993, 299 бет):

1. Оқытылатын ұғымға және қолданылатын аналогқа назар аударыңыз.
2. Іс-әрекет аналогтық және мақсатты ұғымдар арасындағы ұқсастықтарды анық байланыстыру
3. Рефлексия оқушылардың аналогияға қалай қабылдайтынын бағалайды және қажетінше толықтырулар енгізеді.

Химия білімінде оқу процесін қолдау үшін аналогияларды қолдану жаңалық емес. Аналогиялар тыңдаушыны білімді таныс аймақтан бейтаныс аймаққа ауыстыруға шақыратын бай, лезде, ойша суреттерді тудыратын күшке ие болғандықтан қолданылады. Сонымен қатар, аналогиялар адамның психикалық бейнесінің нақты екендігіне кепілдік береді. Абстрактілі ұғымдарды оқыту үшін аналогияларды қолдану туралы алғашқы зерттеулердің бірін Льюис жүргізді. Аналогия оқушыға әдетте толық емес, бөлшектенген білімді синтездеуге мүмкіндік беретін құрал ретінде қарастырылады (Петри және Ошлаг, 1993) және осы модельді үздіксіз негізде қолдануға, сынауға және қайта қарауға болады (Вонг, 1993).

Көптеген зерттеулер түсіну мен еске түсіруді тиімді арттыру үшін аналогияны қолданады. 1989 жылы Рэдфорд биологиядағы вербальды аналогияларды қолдану барысында, оқушылардың дереу еске түсірудегі жетістіктерін байқады. Ауызша аналогиялар арқылы оқыған оқушылар аналогиялар берілмеген оқушыларға қарағанда, ғылыми фактілік ақпаратты көбірек еске түсіретіндігі ескерілді (Восниадоу және Ортони, 1983). Иссинг (1990) физика материалдарын пайдаланған зерттеуінде осындай қорытындыға келді. Аналогияларды пайдалану қорытынды бақылау тапсырмасын орындаудың жақсаруына әкелді (Хейс және Хенк, 1986). Ұқсас тәжірибе мәселесі берілгенде, субъектілер алгебралық сөздік есептерді жақсырақ шеше

алды (Рид, 1987) және экспозициялық мәтіндердегі ақпаратты еске түсіруді жақсартты (Воснядоу және Шоммер, 1988).

Басқа зерттеулер оқытуды оқытуда аналогияларды қолдану арқылы оқытудың жақсарғанын анықтаған жоқ. Друг және Касс (1978) сөздік аналогиялар ғылыми оқу тапсырмаларын бірден түсінуді айтарлықтай арттырмайтынын анықтады. Аналогиялар барлық оқушыларға пайдалы болмады (Габел және Шервуд зерттеуі, 1980). Аналогиялар екі жүзді қылыш ретінде де сипатталды, өйткені олар балама тұжырымдамалар мен бұрмалауға әкелуі мүмкін деп санады (Aubusson және басқалар, 2006; Zook, 1991). Мұндай тұжырымдар кейбір зерттеушілерді мұғалімдерге аналог пен ұғымдардың арасындағы байланысты түсіндіруге және сәйкес ұқсастықтар мен айырмашылықтарды анық анықтауға уақыт пен күш жұмсау қажеттілігін ұсынуға итермеледі (Клемент, 1993).

Аналогия жаңа ұғымдар арасында ортақ негізгі ұқсастық болған кезде қолданылады. Бұл жаңа білім алу үшін маңызды. Осылайша, аналогияны оқытуда қолдану, оқушының екі ұғымның қасиеттеріндегі ұқсастықтарын анықтау және аналогиялық пайымдау жасауы жаңа білім алуға әкелетін жағдай. Бұл жағдай химия пәнінің мұғалімі үшін басымдылық болып табылады. Аналогтық саланы жақсы білу, сондай-ақ аналогияны қолданудың шектеулерін білу аналогияның тиімді болуы үшін өте маңызды (Воснядоу, 1989b, 425-бет; Дуит, 1991, 664-бет). Аналогиялардың шектеулерін елемей немесе ескермей аналогияларды нұсқаулықта қолданудың ең маңызды кемшіліктерінің бірі болып табылатын қате түсініктердің пайда болу қаупін тудырады.

Аналогияның артықшылықтары

Зерттеулер көрсеткендей, аналогияларды оқу процесінде дұрыс қолдану оқушылардың оқуына біршама артықшылықтар береді. Олардың кейбіреулері төменде:

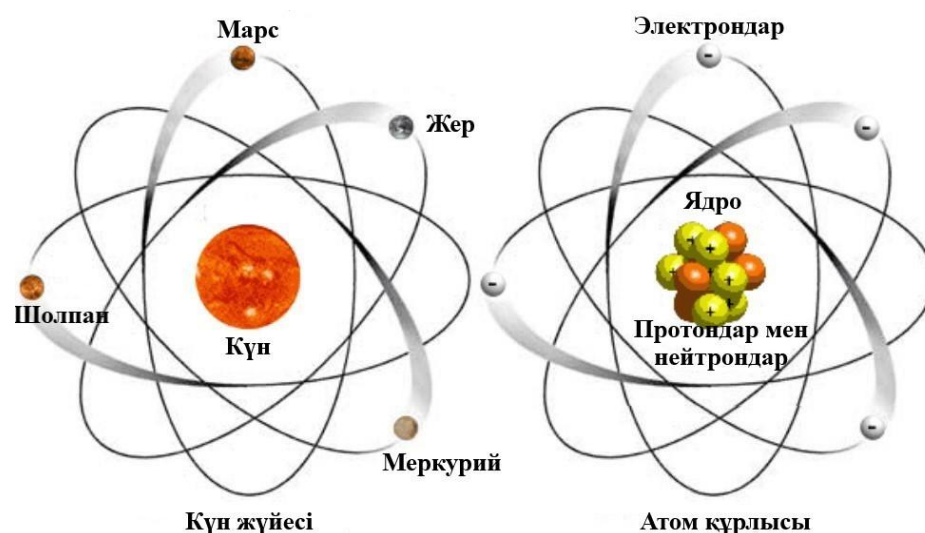
- Олар оқушылардың қызығушылығын ояту арқылы пәнді меңгеруге ынталандырады
- Олар оқушыларға шынайы дүние мен жаңа ұғымдардың ұқсастықтарын салыстыруға көмектеседі
- Олар мұғалімдерді оқушылардың алдын ала алған білімдерін ескеруге шақырады

- Олар бұрынғы білім мен жаңа ақпарат арасындағы көпірді қамтамасыз етеді
- Олар абстрактілі ұғымдарды бейнелеу арқылы оқушылардың оқуына көмектеседі
- Олар оқушыларға өз білімдерін құрастыруға көмектеседі

Төменде аналогияға кейбір мысалдар келтірілген

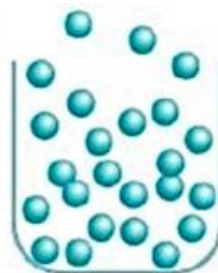
Кесте 1. Күн жүйесі және атом құрлысы аналогиясы.

Күн жүйесі	Атом құрлысы
Күн	Ядро
Планеталардың орбиталары	Электрондардың орбитасы
Планеталар	Электрондар
Күн мен планеталардың сфералық пішіні	Ядро мен электрондардың сфералық пішіні
Күннен планетаға дейін тұрақты қашықтық	Ядродан электронға дейін тұрақты қашықтық
Гелий мен сутегі күннің құрамдас бөлігі ретінде	Протон мен нейтрон ядро компоненттері ретінде



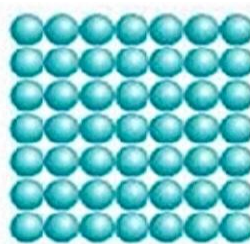
Сурет 1. Күн жүйесі және атом құрлысы аналогиясы

Келесі аналогия- футбол алаңы және газдар. Футбол алаңында маневр жасау үшін жеткілікті орын бар-ұзын серпілістер, соққылар, көптеген жүгіру комбинациясы. Футболшылардың мінез-құлқы газдардың мінез-құлқына ұқсас: олар өте тәуелсіз және тез қозғалады, молекулалар арасындағы қашықтық үлкен. Егер команда жеңіле бастаса, оның ойыншылары қызған кезде газ молекулалары сияқты тезірек қозғалады.



Сурет 2. Футбол алаңы және газдар аналогиясы.

Қатты заттарды түсіндіргенде әскери тәртіп аналогиясын қолданамыз. Әрбір сарбазға тұрақты орын тағайындалған сарбаздар сызығын елестетіңіз. Солдат қозғалған кезде де бұл орынды сақтауға міндетті. Құрылым ішінде рұқсат етілмеген қозғалысқа тыйым салынады, тек бүкіл бағанның қозғалысы мүмкін. Кристалдық торы бар қатты денелер де осылай орналасады. Олардағы молекулалар кристалдық тордың түйіндерінде нақты белгіленген орындарды алады, молекулалар арасындағы қашықтық минималды, ал молекулалардың ретсіз қозғалысы іс жүзінде жоқ. Бір сөзбен айтқанда, тәртіп .



Сурет 2. Әскери тәртіп және қатты заттар аналогиясы.

Ғылыми кітапта қолданылатын аналогиялар 2-кестеде көрсетілген [6].

Тұжырымдар	Аналогиялар
Томсынның атомдық моделі	Өрік пудингі
Резерфордтың атомдық моделі	Футбол алаңы
Бордың атомдық моделі	Күн жүйесі
Химиялық қосылыс	Пазл бөліктері
Иондық байланыс	Магниттік полюстер

Ғалымдардың зерттеу нәтижелеріне сүйенсек, Оргилл мен Боднердің зерттеу нәтижелеріне сәйкес оқушылардың көпшілігі мұғалімдер сыныпта аналогияны қолданғанды ұнатады дейді [5]. Сарантопулос пен Цапарлис мектеп химиясын оқытуда әлеуметтік байланысты аналогияны қолдануды және оның оқушылардың үлгерімі мен көзқарасымен байланысын қамтитын ұзақ зерттеуді қорытындылады, олар аналогия оқушылардың танымдық деңгейін жақсартып қана қоймай, эмоционалды көңіл-күйін жақсартады деп мәлімдеді. Олар аналогияларды қолдану оң нәтиже бергенін айтты [7].

Аналогия химияны зерттеуде маңызды болып табылады. Көптеген оқушылар сабақтарында күрделі ұғымдарды түсіндіру үшін аналогияларды қолданғанды ұнатады. Бұл барлық химиялық материалдарға қолданылмаса да, олар аналогиялар қызықты деп санайды және пән туралы ақпаратты түсінуге көмектеседі. Оқушылардың пікірінше, оқу процесінде қолданылуы керек жақсы аналогия -бұл табиғи ортадағы объектілерден немесе оқиғалардан туындайтын аналогия, сондықтан оны есте сақтау оңай. Аналогия оқушылардың танымдық деңгейін жақсартып қана қоймай, эмоционалды көңіл-күйін де жақсартады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Demircioglu, G., & Demircioglu, H. (2013) An investigation of chemistry teachers' understanding of chemical equilibrium. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 4(2):192-199.
2. Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Symposium on Revolution and Evolution in Chemical Education*, 70(9):701-705.
3. Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. 113-125.

4. Paiva, J. C., & Gil, V. M. S. (2008). *Disciplina de didactica da quimica [Analogies in chemical equilibrium]*. Faculdade De Chencias Univesidade Do Porto. 1-19.
5. Naseriazar, A., Ozmen, H., & Badrian, A. (2011). Effectiveness of analogies on students' understanding of chemical equilibrium, *Western Anatolia Journal of Educational Science*, 525-534.
6. Supasorn, S., & Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 student. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1):121-132.
7. Orgill, M., & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1):15-32.
8. Muniz, M. N., & Hoyo, M. T. (2014). On the use of analogy to connect core physical and chemical concepts to those at the nanoscale. *Chemistry Education Research and Practice*. 15(4):807-823.
9. Orvis, J., Sturges, D., Rhodes, S., White, K. J., Maurer, T. W., & Landge, S. M. (2016). A mailman analogy: retaining student learning gains in alkane nomenclature. *Journal of Chemical Education*. 93(5):879–885.
10. Eskandar, F. A., Bayrami, M., Vahedic, S., & Ansar, V. A. A. (2013). The effect of instructional analogies in interaction with logical thinking ability on achievement and attitude toward chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4):566-575.
11. Harrison, A. G., & Coll, R. K. (2008). *Using analogies in middle and secondary science classrooms*. California: Corwin Press.
12. Orgil, M., Bussey, T. J., & Bodner, G. M. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. *Chemistry Education and Practice*. 16(4):731-746.
13. Sarantopoulos, P., & Tsaparlis, G. Analogies in chemistry teaching as a meand of attainment of cognitive and affective objectives: a longitudinal study in a naturalistic setting, using analogies with strong social content. *Chemistry Education: Research and Practice*. 5(1):33-50.
14. Raviolo, A., & Garritz, A. (2009). Ananlogies in teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature. *Chemistry Education Research and Practice*. 10(1). 5-13.

15. Calik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(4):651-676.
16. Supasorn, S., & Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 student. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1):121-132.
17. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10):1291-1307.
18. Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1992). Analogies in senior high school chemistry textbooks: a critical analysis. Science and Mathematics Education Centre Curtin University of Technology. 1-19.
19. Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40, 5–28.
20. Issing, L.J. (1990). Learning from pictorial analogies. *European Journal of Psychology of Education*, 5, 489- 499.
21. Petrie, H.G. & Oshlag, R.S. (1993). Metaphor and learning. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought*. New York: Cambridge University Press.
22. Thagard, P., Holyoak, K., Nelson, G., & Gochfeld, D. (1990). Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, 46, 259-310
23. Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 537–544.
24. Treagust, D. F. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science. *Research in Science Education*, 23, 293–301.
25. Treagust, D. F., Harrison, A. G., Venville, G. J.,(1998) Teaching Science Effectively With Analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (2), 85 – 101.
26. Venville, G. J., and Treagust, D. F. (1997). Analogies in biology education: A contentious issue. *The American Biology Teacher*, 59, 282–287.
27. Vosniadou, S., & Ortony, A. (1983). The influence of analogy in children's acquisition of new information from text: An exploratory study. In J.A. Niles (Ed.), *Searches from meaning*