# Бланк выполнения задания № 2

**Цель работы:** определение теплового эффекта системы, в которой происходит химическая реакция, и энтальпии реакции в нестандартных условиях

**Опыт 1**

Реакция нейтрализации серной кислоты гидроксидом натрия в одну стадию:

H2SO4 + 2NaOH = Na2SO4 + 2H2O; ± ∆Н1

1. Результаты опыта 1 занесите в таблицу 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | v,мл | t,0С | ρ,г/см3 | С, Дж/г∙0С | n,моль | Q, Дж/n моль | ∆Н, кДж/ моль |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| H2SO4 | 20 | 18 | 1,059 | 2,93  | 0,020 | 1117 | -55,85 |
| NaOH | 20 | 18 | 1,076 | 3,50 | 0,040 | 1356 | -33,90 |
| Na2SO4 | 40 | 31 | 1,028 | 3,795 | 0,020 | 4838 | -241,90 |

1. Расчеты:

2.1. Рассчитайте количество теплоты для каждого из веществ: *Q = V · ρ · c ∙ t*, округляя до целого значения:

$Q\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 20∙1,059∙2,93∙18 = 1117 Дж

$Q\left(NaOH\right)=$ 20∙1,076∙3,50∙18 = 1356 Дж

$Q\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=$ 40∙1,028∙3,795∙31 = 4838 Дж

2.2. Определите число молей, округляя до тысячных:

$n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)={V}/{1000}$ = 20/1000 = 0,020

$n\left(NaOH\right)=2n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 2∙0,020 = 0,040

$n\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 0,020

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | V(H2SO4), мл | t(H2SO4), oC | t(NaHSO4), oC | t(Na2SO4), oC |
| 3 | 20 | 18 | 27 | 31 |

2.3. Рассчитайте энтальпию каждого вещества: ∆Н =  округляя до сотых:

$∆Н\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=-\frac{1117}{1000∙0,020}=-55,85$ кДж/моль

$∆Н\left(NaOH\right)=-\frac{1356}{1000∙0,040}=-33,90$ кДж/моль

$∆Н\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=-\frac{4838}{1000∙0,020}=-241,90$ кДж/моль

2.4. По следствию из закона Гесса определите тепловой эффект системы и энтальпию реакции:

$Q\_{1}=Q\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)- Q\left(H\_{2}SO\_{4}\right)-Q\left(NaOH\right)=$ 4838 – 1117 – 1356 = 2365 Дж

$∆H\_{1}=∆Н\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)-∆Н\left(H\_{2}SO\_{4}\right)-2∆Н\left(NaOH\right)$

$∆H\_{1}=$ (-241,90) – (-55,85) - 2∙(-33,90) = -118,25 кДж/моль

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Раствор | t, оС | ρ, г/см3 | С, Дж/г∙оС |
| H2SO4, 1 М | 12 | 1,061 | 2,75 |
| 14 | 1,060 | 2,81 |
| 16 | 1,060 | 2,87 |
| 18 | 1,059 | 2,93 |
| 20 | 1,059 | 2,99 |
| 22 | 1,059 | 3,04 |
| 24 | 1,058 | 3,10 |
| 26 | 1,058 | 3,15 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NаОН, 2 М | 12 | 1,079 | 3,41 |
| 14 | 1,078 | 3,44 |
| 16 | 1,077 | 3,47 |
| 18 | 1,076 | 3,50 |
| 20 | 1,075 | 3,53 |
| 22 | 1,074 | 3,56 |
| 24 | 1,073 | 3,59 |
| 26 | 1,072 | 3,62 |
| NаНSО4, 1 М | 20 | 1,050 | 3,73 |
| 22 | 1,046 | 3,74 |
| 24 | 1,042 | 3,75 |
| 26 | 1,038 | 3,76 |
| 28 | 1,034 | 3,77 |
| 30 | 1,030 | 3,78 |
| 32 | 1,026 | 3,79 |
| 34 | 1,022 | 3,80 |
| Nа2SО4, 1 М | 24 | 1,074 | 3,74 |
| 26 | 1,066 | 3,76 |
| 28 | 1,058 | 3,78 |
| 30 | 1,050 | 3,80 |
| 32 | 1,042 | 3,82 |
| 34 | 1,034 | 3,84 |
| 36 | 1,026 | 3,86 |
| 38 | 1,018 | 3,88 |

**Опыт 2**

Реакция нейтрализации серной кислоты гидроксидом натрия в две стадии:

H2SO4 + NaOH = NaНSO4 + H2O; ± ∆Н2.1

NaHSO4 + NaOH = Na2SO4 + H2O; ± ∆Н2.2

1. Результаты опыта 2 занесите в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | v,мл | t,0С | ρ,г/см3 | С, Дж/г∙0С | n,моль | Q, Дж/n моль | ∆Н, кДж/ моль |
| H2SO4 | 20 | 18 | 1,059 | 2,93 |  |  |  |
| NaOH | 10 | 18 | 1,076 | 3,50 |  |  |  |
| NaНSO4 | 30 | 27 | 1,036 | 3,765 |  |  |  |
| Na2SO4 | 40 | 31 | 1,028 | 3,795 |  |  |  |

1. Расчеты:

4.1. Рассчитайте количество теплоты для каждого из веществ: *Q = V · ρ · c ∙ t*, округляя до целого значения:

$Q\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 20∙1,059∙2,93∙18 = 1117 Дж

$Q\left(NaOH\right)=$ 10∙1,076∙3,50∙18 = 678 Дж

$Q\left(NaHSO\_{4}\right)=$ 30∙1,036∙3,765∙27 = 3983 Дж

$Q\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=$ 40∙1,028∙3,795∙31 = 4838 Дж

4.2. Определите число молей, округляя до тысячных:

$$n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)={V}/{1000=}\frac{20}{1000}=0,020$$

$n\left(NaOH\right)=n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 0,020

$n\left(NaHSO\_{4}\right)=n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 0,020

$n\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=n\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=$ 0,020

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | V(H2SO4), мл | t(H2SO4), oC | t(NaHSO4), oC | t(Na2SO4), oC |
| 3 | 20 | 18 | 27 | 31 |

4.3. Рассчитайте энтальпию каждого вещества: ∆Н =  округляя до сотых:

$∆Н\left(H\_{2}SO\_{4}\right)=-\frac{1117}{1000∙0,020}=-55,85$ кДж/моль

$∆Н\left(NaOH\right)=-\frac{678}{1000∙0,010}=-33,90$ кДж/моль

$∆Н\left(NaHSO\_{4}\right)=-\frac{3983}{1000∙0,020}=-199,14$ кДж/моль

$∆Н\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)=-\frac{4838}{1000∙0,020}=-241,90$ кДж/моль

4.4. По следствию из закона Гесса определите тепловые эффекты систем и энтальпии реакций:

$Q\_{2.1}=Q\left(NaHSO\_{4}\right)- Q\left(H\_{2}SO\_{4}\right)-Q\left(NaOH\right)=$ $3983- 1117-678=$2188 Дж

$Q\_{2.2}=Q\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)- Q\left(NaHSO\_{4}\right)-Q\left(NaOH\right)=4838- 3983-678=177$ Дж

$$∆H\_{2.1}=∆Н\left(NaHSO\_{4}\right)-∆Н\left(H\_{2}SO\_{4}\right)-∆Н\left(NaOH\right)$$

$∆H\_{2.1}=\left(-199,14\right)—(-55,85)—(-33,90)$ = -109,39 кДж/моль

$$∆H\_{2.2}=∆Н\left(Na\_{2}SO\_{4}\right)-∆Н\left(NaHSO\_{4}\right)-∆Н\left(NaOH\right)$$

$$∆H\_{2.2}=\left(-241,90\right)—(-199,14)—(-33,90)=-8,86 кДж/моль$$

4.5. Выполните проверку:

– по тепловому эффекту системы:

$Q\_{1}=Q\_{2.1}+Q\_{2.2}$ = 2188 + 177 = 2365 Дж;

– по энтальпии реакции:

$∆Н\_{1}=∆Н\_{2,1}+∆Н\_{2.2}$ = (-109,39) + (-8,86) = -118,25 кДж/моль

4.6. Рассчитайте относительную ошибку опыта:

∆= 

если *∆Нтеор =* – 136кДж, *∆Нэксп = ∆Н1*

∆= 

* 1. Сделайте вывод к работе.

Проведённые опыты доказывают, что тепловой эффект и энтальпия процесса нейтрализации не зависят от пути реакции (в одну или в две стадии).

Заметная ошибка опыта связана с потерями некоторого количества тепла в окружающую среду. Кроме того, в расчётах мы не учли увеличение количества воды, которая тоже является продуктом реакции нейтрализации, и на её нагревание расходуется дополнительное тепло.