



# Водоподготовка в энергетике

## курс лекций



## к.т.н., доцент Константин Александрович Орлов

каф. Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Email: OrlovKA@mpei.ru

Тел./факс: +7-495-362-71-71

Ком.: В-209 (2)

WWW: <http://twt.mpei.ac.ru/orlov>

Skype: orlov\_ka



# Литература



## ВОДОПОДГОТОВКА В ЭНЕРГЕТИКЕ



Водоподготовка в энергетике:  
учебник / С.Л. Громов, Е.К.  
Долгов, К.А. Орлов и др. – М.:  
Издательство МЭИ, 2021. – 576 с.  
ISBN 978-5-7046-2439-4

УДК 621.311.22:612.182.12 (075.8)

ББК 31.37я 73

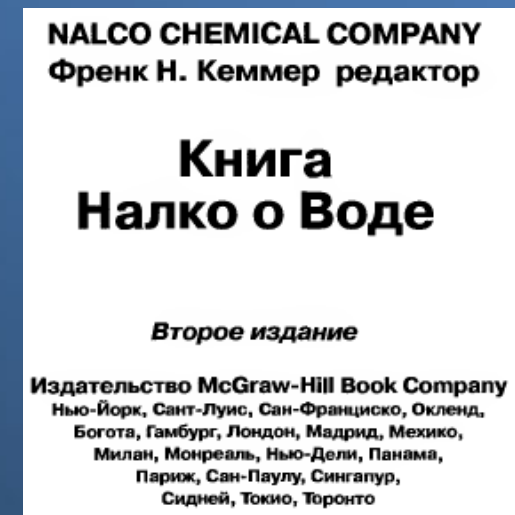
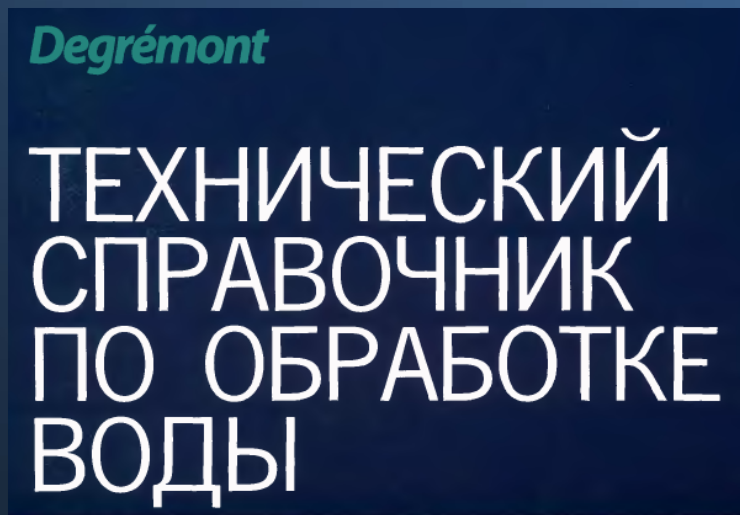
В 624

<https://mpei.ru/bookshelf>

# Дополнительная литература



- Degremont. Технический справочник по обработке воды Том 1 и 2
- Френк Н. Кеммер. Книга НАЛКО о воде



Сидней, Токио, Торонто  
Париж, Сан-Паулу, Сингапур

# Лекции



<http://twt.mpei.ac.ru/orlov/edu/>

# Контролирующие материалы



- Подготовка (все вопросы):

[http://twt.mpei.ac.ru/twtshell/twt\\_oka\\_vpu\\_questions/](http://twt.mpei.ac.ru/twtshell/twt_oka_vpu_questions/)

- Контроль знаний (тесты из вопросов):

[http://twt.mpei.ac.ru/twtshell/twt\\_oka\\_vpu\\_test/](http://twt.mpei.ac.ru/twtshell/twt_oka_vpu_test/)



Тест №1

# КОНЦЕНТРАЦИИ



# Способы выражения концентраций



- массовая доля (процентная концентрация) [% , кг/кг]
- молярная концентрация [моль/л, моль/дм<sup>3</sup>]
- моляльная концентрация [моль/кг]
- молярная концентрация эквивалентов (нормальность) [н, г-ЭКВ/л, г-ЭКВ/дм<sup>3</sup>]
- массовая концентрация [г/дм<sup>3</sup>, мг/дм<sup>3</sup>]



# Массовая доля (процентная концентрация)



Отношение массы растворенного вещества к массе раствора:

$$\omega = \frac{m_{\text{масса растворенного вещества}}}{m_{\text{общая масса раствора}}}$$

Измеряется:

- в долях
- в процентах (%)

$$m_{\text{общая масса раствора}} = m_{\text{масса растворенного вещества}} + m_{\text{растворителя}}$$

# Массовая доля (процентная концентрация)



Процентная концентрация [%] – сколько грамм растворенного вещества в 100 граммах раствора:

$$\omega = \frac{m_{\text{масса растворенного вещества}}}{m_{\text{общая масса раствора}}}$$

5% NaCl: 95 г воды и 5 г NaCl



# Молярность

Количество растворенного вещества (число молей) в единице объема раствора

$$C_M = \frac{n_{\text{число молей растворенного вещества}}}{V_{\text{общий объем раствора}}}$$

Измеряется:

- 1М = 1 моль/л
- моль/дм<sup>3</sup>
- ммоль/дм<sup>3</sup>



# Моляльность

Количество растворенного вещества (число молей) в 1 кг растворителя

$$m = \frac{n_{\text{число молей растворенного вещества}}}{m_{\text{масса растворителя}}}$$

Измеряется:

- моль/кг
- ммоль/кг

# Молярная концентрация эквивалентов (нормальность)



Количество эквивалентов растворенного вещества (число молей) в единице объема раствора

$$C_{\text{н}} = \frac{n_{\text{число эквивалентов растворенного вещества}}}{V_{\text{общий объем раствора}}}$$

Измеряется:

- г-ЭКВ/л = моль эквивалентов/л = н
- г-ЭКВ/дм<sup>3</sup> = моль эквивалентов/дм<sup>3</sup> = н
- мг-ЭКВ/дм<sup>3</sup>

# Массовая концентрация



Масса растворенного вещества в единице объема раствора

$$C = \frac{m_{\text{масса растворенного вещества}}}{V_{\text{общий объем раствора}}}$$

Измеряется:

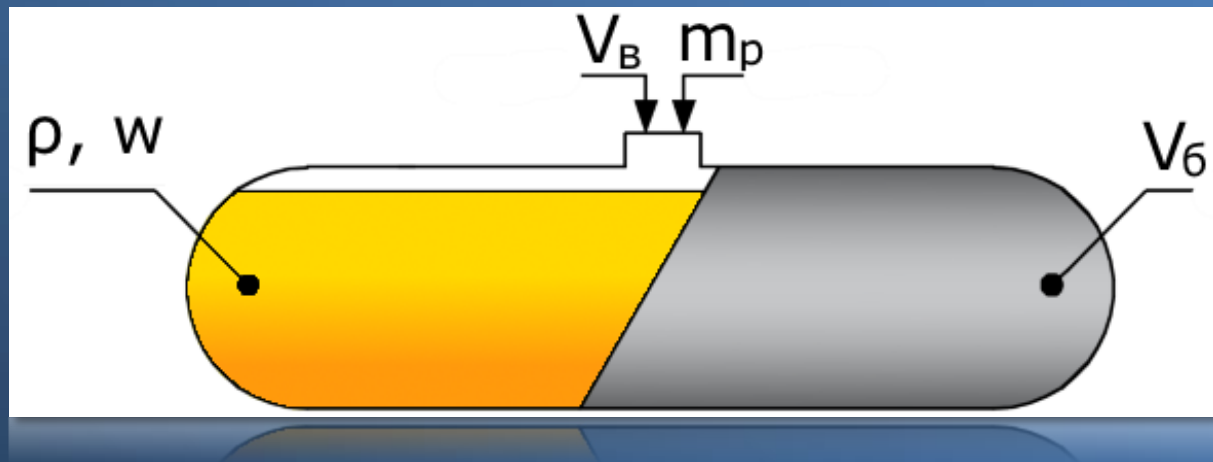
- г/дм<sup>3</sup>
- мг/дм<sup>3</sup>
- мкг/дм<sup>3</sup>



# ЗАДАЧА №1.2



# 1.2.1. Приготовление раствора реагента заданной концентрации



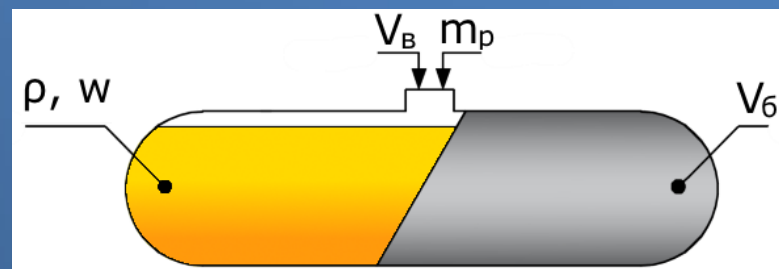
Дано:

- Объем бака-мерника  $V_6$  [м<sup>3</sup>]
- Вещество:  $M_B$  [г/моль]
- Требуемая процентная концентрация  $w$  [%]
- Плотность водного раствора:  $\rho$  [кг/м<sup>3</sup>]

Рассчитать:

- Объем воды  $V_B$  [м<sup>3</sup>]
- Масса реагента  $m_p$  [кг]

# 1.2.1. Приготовление раствора реагента заданной концентрации



Масса раствора, [кг]:

$$m_{\text{раствора}} = \rho \cdot V_6$$

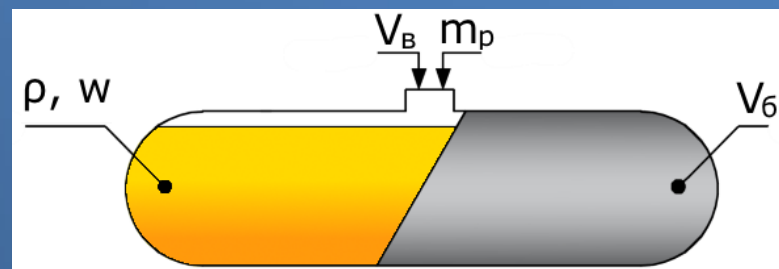
Массовая доля, [%, кг/кг]:

$$w = m_p / m_{\text{раствора}}$$

Масса раствора, [кг]:

$$m_{\text{раствора}} = m_p + m_B$$

# 1.2.1. Приготовление раствора реагента заданной концентрации



Масса раствора, [кг]:

$$m_p + m_B = m_{\text{раствора}} = \rho \cdot V_{\text{б}}$$

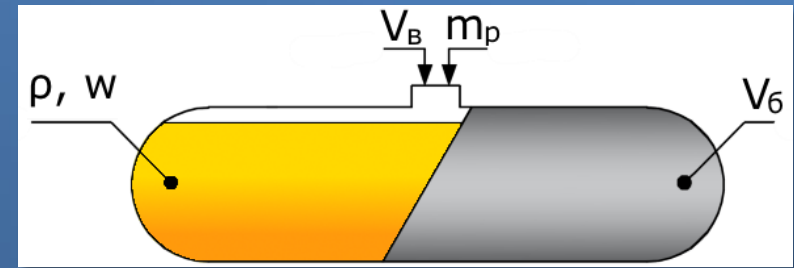
Массовая доля, [%, кг/кг]:

$$w = m_p / (m_p + m_B)$$

Тогда масса реагента, [кг]:

$$m_p = \rho \cdot V_{\text{б}} \cdot w$$

# 1.2.1. Приготовление раствора реагента заданной концентрации



Масса раствора, [кг]:

$$m_p + m_B = \rho \cdot V_6$$

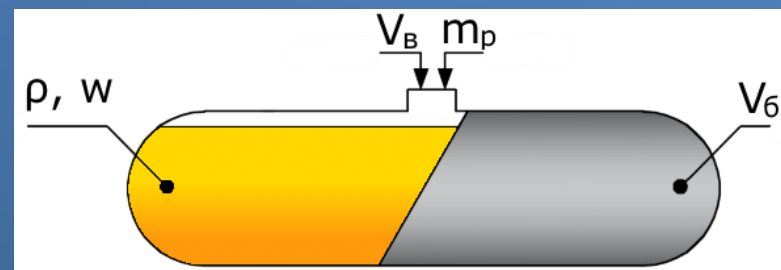
Масса воды в баке, [кг]:

$$m_B = \rho \cdot V_6 - m_p$$

Объем воды, [м<sup>3</sup>]:

$$V_B = m_B / \rho_B = m_B / 1000 \text{ кг/м}^3$$

# 1.2.1. Приготовление раствора реагента заданной концентрации



Массовая доля, [% , -]:

$$w = m_p / (m_p + m_B)$$

Массовая концентрация, [г/дм<sup>3</sup>]:

$$C = m_p / V_6$$

Объем бака, [м<sup>3</sup>]:

$$V_6 = (m_p + m_B) / \rho$$

Тогда массовая концентрация, [г/дм<sup>3</sup>]:

$$C = m_p / V_6 = m_p / (m_p + m_B) \cdot \rho = w \cdot \rho$$