Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых
и пищевых производств»

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТЕЙ

по дисциплине

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Методические указания к выполнению практической работы
для студентов направления

18.03.01 «Химическая технология»

очной формы обучения
заочной формы обучения

Энгельс 2026

Практическая работа № 2

Физические величины. Применение теории размерностей

Цель работы: приобрести практические навыки использования международной системой физических единиц и применения теории размерностей.

Характер выполнения работы: каждый студент выполняет работу индивидуально.

Основные положения

Физическая величина - свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Количественным выражением этого свойства в объекте является размер физической величины, а числовой оценкой её размера – значение физической величины. Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, называют единицей физической величины. Совокупность физических величин, образованная в соответствии с принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются их функциями, называется системой физических величин.

Международная система единиц (СИ) в настоящее время характеризуется как когерентная система единиц(взаимосвязанная), состоящая из семи основных, двух дополнительных и ряда производных единиц, число которых не ограничено (табл. 1).

Производные единицы образуются из основных и дополнительных единиц СИ на основании законов, устанавливающих связь между физическими величинами, или уравнений по которым определяют физическую величину. Единицы могут быть дольными и кратными от единиц СИ.

Кратной единицей называют единицу, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

Дольной единицей называют единицу, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Для образования наименьших кратных и дольных единиц физических величин используют приставки (табл. 2). Все приставки пишутся слитно с наименованием основной единицы, к которой они присоединяются (килограмм, миллиметр). Присоединение двух и более приставок не допускается.

Таблица 1

Единицы физических величин СИ

Физическая величина		Единица СИ		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Основные				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	Kg	кг
Время	T	секунда	S	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Q	Кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	Кд
Дополнительные				
Плоский угол	-	радиан	rad	рад
Телесный угол	-	стерадиан	Sr	ср

Качественной характеристикой измеряемых величин является их размерность. Она отражает её связь с основными величинами и зависит от выбора последних.

Размерность обозначается символом dim, происходящим от слова dimension. Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Например, длины - dim l = L; массы - dim m = M; времени - dim t = T.

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерность левой и правой части не могут не совпадать так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства, объединяя левые и правые части уравнений, отсюда можно прийти к выводу, что алгебраически суммироваться могут только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит из одного единственного действия – умножения.

2.1. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C имеет вид $Q = A \bullet B \bullet C$, то

$$\dim Q = \dim A \bullet \dim B \bullet \dim C$$

2.2. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, Q = A/B, то

$$\dim Q = \dim A/\dim B$$

2.3. Размерность любой величины, возведённой в некоторую степень, равна её размерности в той же степени, так, если $Q = A^n$, то $\dim Q = \prod_1^n \dim A = \dim^n A$. Например, если скорость определять по формуле V = l/t, то $\dim V = \dim l/\dim t = L/T = LT^{-1}$.

Если сила по второму закону Ньютона $F = m \bullet a$, где a = V/t – ускорение тела, то $\dim F = \dim m \bullet \dim a = ML/T^2 = LMT^{-2}$

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины за размерность основных физических величин с помощью степенного одночлена

$$\dim Q = L^{\alpha} \bullet M^{\beta} \bullet T^{\gamma},$$

где L, M, T, … - размерности соответствующих основных физических величин;

α, β, γ, … - показатели размерности.

Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется безразмерной. Теория размерностей повсеместно применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности правой и левой частей уравнений не совпадают, т.е. не выполняется правило 1, то в выводе формулы, следует искать ошибку.

Таблица 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка				
	Наименование	Происхождение		Обозначение	
		от какого слова	из какого языка	международное	русское
1	2	3	4	5	6
$1000000000000000000=10^{18}$	экса	шесть раз по 10^3	греч.	E	Э
$1000000000000000=10^{15}$	пета	пять раз по 10^3	греч.	P	П
$1000000000000=10^{12}$	тера	огромный	греч.	T	Т

Множитель	Приставка				
	На-именование	Происхождение		Обозначение	
		от какого слова	из какого языка	международное	русское
1	2	3	4	5	6
$1000000000=10^9$	гига	гигант	греч.	G	Г
$1000000=10^6$	мега	большой	греч.	M	М
$1000=10^3$	кило	тысяча	греч.	k	к
$100=10^2$	гекто	сто	греч.	h	г
$10=10^1$	дека	десять	греч.	da	да
$0,1=10^{-1}$	деци	десять	лат.	d	д
$0,01=10^{-2}$	санти	сто	лат.	c	с
$0,001=10^{-3}$	милли	тысяча	лат.	m	м
$0,000001=10^{-6}$	микро	малый	греч.	μ	мк
$0,000000001=10^{-9}$	нано	карлик	лат.	n	н
$0,000000000001=10^{-12}$	пико	пикколо	итал.	p	п
$0,000000000000001=10^{-15}$	фемто	пятнадцать	дат.	f	ф
$0,000000000000000001=10^{-18}$	атто	восемнадцать	дат.	a	а

Порядок выполнения работы

В начале следует ознакомиться с основными и производными единицами системы СИ, с правилами написания обозначений единиц:

- обозначения единиц ставят после их числовых значений и помещают в строку с ними;
- в обозначениях единиц точку и знак сокращения не ставят.

Для проверки качества усвоения материала по теории размерностей выполнить задания:

1. По определяющим уравнениям выразить размерности физических величин, выданные по вариантам преподавателем.
2. По размерности физических величин определить основные формулы и обозначить единицы измерений:

Оформить отчёт.

Варианты заданий

Вариант 1 1.Твердость материала $HB\ (HBW) = \frac{F}{A}$; F – нагрузка, действующего на индентор, Н (кгс); А – площадь поверхности отпечатка, мм^2; 2. кинематическая вязкость $\eta = L^2T^{-1}$. 3.Определить размерность Джоуля. Определяющее уравнение A = F S
Вариант 2 1. Динамическую вязкость $\eta = K \cdot \rho \cdot \tau$, где К постоянная вискозиметра, мм^2/с^2; ρ - плотность раствора, г/см^3 τ - время истечения раствора полимера и растворителя, с. 2. удельный вес $\rho = L^{-3}M^1$. 3. Определить размерность Ватта. Определяющее уравнение N = A / t
Вариант 3 1. Модуль упругости $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$; σ — напряжение, вызываемое в образце действующей силой (равно силе, делённой на площадь приложения силы); ε— упругая деформация

образца, вызванная напряжением (равна отношению изменения размера образца после деформации к его первоначальному размеру). 2. динамическая вязкость $\mu = L^{-1}MT^{-1}$ 3. Определить размерность Герца. Определяющее уравнение = 1 / T
Вариант 4 1. Напряженность электрического поля E = U/L, Где U- электрическое напряжение (В); L- длина 2. поверхностное натяжение $F = MT^{-2}$ 3. Определить размерность Паскаля. Определяющее уравнение p = F/S
Вариант 5 1. давление P = F/S; 2. магнитная проводимость $H = L^2MT^{-2}I^{-2}$ 3. Определить размерность Люкса. Определяющее уравнение E=f/S
Вариант 6 1. работа A = F•l; 2. энергия $W=L^2MT^{-2}$ 3. Определить размерность Ньютон. Определяющее уравнение F = m • a
Вариант 7 1. мощность P = A/t; 2. импульс $K = LMT^{-1}$. 3. Определить размерность Кулон. Определяющее уравнение q=I·t
Вариант 8 1. частота F=v/λ. 2. момент импульса $L= L^2MT^{-1}$ 3. Определить размерность Фарад. Определяющее уравнение C= q/U
Вариант 9 1. освещенность E=f/S; 2. количество теплоты $Q= L^2MT^{-2}$ 3. Определить размерность Герц. Определяющее уравнение f= 1/t
Вариант 10 1. удельное электрическое сопротивление r=R·S/l 2. коэффициент диффузии $D= L^2T^{-1}$ 3. Определить размерность Тесла. Определяющее уравнение B= F/ I· L
Вариант 11 1. величин разрушающего напряжения σ=F/S 2. коэффициент внутреннего трения $\eta= L^{-1}MT^{-1}$ 3. Определить размерность Вольт. Определяющее уравнение U = A/ q
Вариант 12 1. момента силы M = F·L. 2. коэффициент поверхностного натяжения $\alpha= MT^{-2}$ 3. Определить размерность Ватт. Определяющее уравнение N = A/ t
Вариант 13 1.Напряженность электрического поля E = U/L, Где U- электрическое напряжение (В); L- длина 2.коэффициент внутреннего трения $\eta= L^{-1}MT^{-1}$ 3. Определить размерность Тесла. Определяющее уравнение B= F/ I· L
Вариант 14

1.Твердость материала $HB\ (HBW) = \frac{F}{A}$; F – нагрузка, действующего на индентор, Н (кгс); А – площадь поверхности отпечатка, мм^2; 2. удельный вес $\rho = L^{-3}M^{1}$. 3. Определить размерность Ватта. Определяющее уравнение N = A / t3.
Вариант 15 1.Динамическую вязкость $\eta = K \cdot \rho \cdot \tau$, где К постоянная вискозиметра, мм^2/с^2; ρ - плотность раствора, г/см^3 τ - время истечения раствора полимера и растворителя, с. 2. удельный вес $\rho = L^{-3}M^{1}$. 3. Определить размерность Джоуля. Определяющее уравнение A = F S

Вопросы для самопроверки

1.Для чего используется теория размерностей?
2. Каковы правила конструирования систем единиц?
3.Назовите основные и дополнительные единицы системы СИ?
4.Как образуются кратные и дольные единицы Международной системы единиц?
5.Что называют единицей физической величины?
6.Принципы образования производных единиц Международной системы?
7.Что такое физическая величина и какими характеристиками отличается?
8.Какие единицы являются дольными, кратными от единиц СИ?
9.Что такое системные, внесистемные единицы?
10. Назовите внесистемные физические величины.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

1. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В.Е. Эрастов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 196 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/23696. - ISBN 978-5-16-012324-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1983263. – Режим доступа: по подписке.

2. Дворкин, В. И. Метрология и обеспечение качества химического анализа / В. И. Дворкин. — 2-е изд. — Москва : Техносфера, 2019. — 318 с. — ISBN 978-5-94836-564-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/99109.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Данилевич, С. Б. Основы законодательной метрологии, технического регулирования и стандартизации : учебное пособие / С. Б. Данилевич. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 47 с. — ISBN 978-5-7782-3864-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/98801.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие/ А.И. Аристов, В. М. Приходько, И. Д. Сергеев, Д. С. Фатюхин. М.:ИНФРА-М, 2012. – 256с.

Экземпляры всего: 10

5. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров/ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 813 с.

Экземпляры всего: 5

6. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник/ О.П.Яблонский, В.А.Иванова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ростов н/Д: Феникс, 2010. - 475 с.

Периодические издания

Журналы «Стандарты и качество» https://ria-stk.ru/.

Нормативно-правовые акты и иные правовые документы

1. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ.
2. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ.
3. Федеральный закон "О стандартизации в Российской Федерации" от 29.06.2015 N 162-ФЗ.
4. Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 04.08.2023) "О защите прав потребителей".

Перечень электронно-образовательных ресурсов

1 Метрология, стандартизация и сертификация

http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=121

Электронные ресурсы библиотеки института - электронные версии методических разработок, указаний и рекомендаций по выполнению практических работ

Рабочая программа, краткий конспект лекций, вопросы к модулям, экзамену, тестовые задания, методические указания к выполнению лабораторных и практических работ.

Электронно-библиотечные системы

1. «ЭБС IPRbooks»,
2. ЭБС «Лань»
3. «ЭБС elibrary»
4. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»
5. ЭБС «Znanium»

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: http://docs.cntd.ru/document/
2. Система ГАРАНТ: http://base.garant.ru
3. Метрология. Метрологическое обеспечение производства: http://www.metrob.ru
4. База данных ГОСТ РФ http://www.vsegost.com
5. Главный форум метрологов: http://metrologu.ru
6. МЧС РОССИИ: https://www.mchs.gov.ru/dokumenty
7. Общероссийские классификаторы: https://classifikators.ru

Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)

1. Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Перечень информационно-справочных систем

Официальный сайте - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): https://www.gost.ru

Перечень профессиональных баз данных

1. Консультант плюс – www.consultant.ru
2. Гарант (информационно-правовой портал) – www.garant.ru