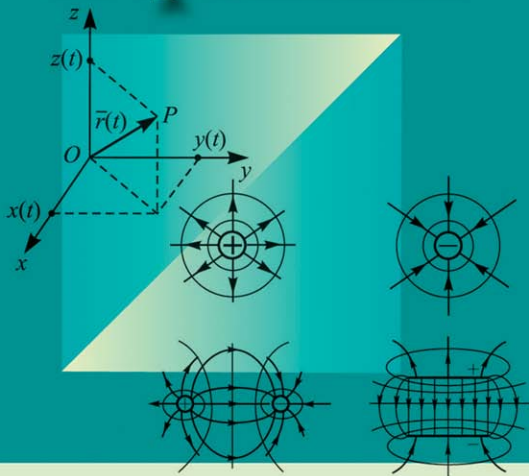


В.Э. Жавнерчик
А.И. Майсеня
Ю.И. Савилова

Справочник по математике и физике



В. Э. Жавнерчик
Л. И. Майсеня
Ю. И. Савилова

Справочник по математике и физике

2-е издание, переработанное



Минск
«Вышэйшая школа»

УДК [51+53](075.3/4)

ББК 22я721

Ж13

Рецензенты: доцент кафедры физики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники кандидат физико-математических наук *В.И. Мурзов*; учитель высшей категории гимназии № 37 г. Минска *Е.А. Горнова*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Жавнерчик, В. Э.

Ж13 Справочник по математике и физике / В. Э. Жавнерчик, Л. И. Майсеня, Ю. И. Савилова. 2-е изд., перераб. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 399 с. : ил. ISBN 978-985-06-2458-1.

Приведены основные понятия, формулы, теоремы, законы математики и физики из общеобразовательных курсов. Материал систематизирован, дается в компактной форме, сопровождается большим количеством иллюстраций.

Первое издание вышло в 2011 г.

Для обучающихся в учреждениях общего среднего, профессионально-технического и среднего специального образования. Будет полезен при подготовке к централизованному тестированию.

УДК [51+53](075.3/4)

ББК 22я721

ISBN 978-985-06-2458-1

- © Жавнерчик В.Э., Майсеня Л.И., Савилова Ю.И., 2011
- © Жавнерчик В.Э., Майсеня Л.И., Савилова Ю.И., 2014, с изменениями
- © Оформление. УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

В справочнике приведены все понятия, формулы, утверждения и законы, которые определены программами изучения математики и физики как на базовом, так и на повышенном уровне в средних школах, гимназиях, лицеях и колледжах. Материал систематизирован, теоретические утверждения сопровождаются иллюстрациями. Многие математические методы решения представлены алгоритмически, что рационально для использования на практике и способствует самостоятельной деятельности учащихся. При подготовке справочника авторы ориентировались на прогрессивные, современные подходы в обучении математике и физике.

Комплексное, полное и компактное представление справочной информации из курсов математики и физики является особенностью данного издания, что обеспечивает эффективность его использования.

Справочник будет полезен для систематического изучения математики и физики на занятиях в учреждениях общего среднего, профессионально-технического и среднего специального образования. Он может быть использован для подготовки к централизованному тестированию и для повторения математики и физики в процессе обучения в учреждениях высшего образования.

Авторы

МАТЕМАТИКА

I. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИКУ

1. Высказывания и типы теорем

Высказывания

Простое высказывание – повествовательное предложение, в отношении которого можно сказать, истинно оно или ложно. Высказывания обозначают A, B, C, \dots .

Высказывание «не A » обозначают \bar{A} , высказывание «если A , то B » обозначают $A \Rightarrow B$, а высказывание « A тогда и только тогда, когда B » обозначают $A \Leftrightarrow B$.

Типы теорем

Признак (или *достаточное условие*) для B – теорема типа $A \Rightarrow B$.

Обратная теорема к $A \Rightarrow B$ – теорема типа $B \Rightarrow A$.

Критерий (или *необходимое и достаточное условие*) для B – теорема типа $A \Leftrightarrow B$.

Противоположная к обратной теореме – теорема типа $\bar{B} \Rightarrow \bar{A}$.

Высказывание $A \Rightarrow B$ истинно тогда и только тогда, когда истинно высказывание $\bar{B} \Rightarrow \bar{A}$. На этом утверждении базируется *метод доказательства от противного*.

2. Множества

Понятие множества

Множество – первичное неопределяемое понятие. Характеризуется как набор *элементов*, обладающих одинаковым свойством. Множества обозначают A, B, X, \dots , а элементы множества – a, b, x, \dots .

Если элемент a принадлежит множеству A , то пишут: $a \in A$; если не принадлежит, – то $a \notin A$.

Конечное множество – множество с конечным количеством элементов.

Пустое множество (обозначается \emptyset) – множество, в котором нет элементов.

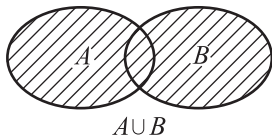
Бесконечное множество – множество, которое не является ни конечным, ни пустым.

Множества A и B называются *равными*, если они состоят из одних и тех же элементов. Пишут: $A = B$.

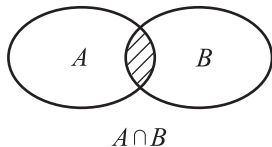
Множество A называется *подмножеством множества B* , если каждый элемент множества A есть элемент множества B ; пишут: $A \subset B$ (или $B \supset A$). Если A не является подмножеством B , то пишут: $A \not\subset B$. Если $A \subset B$ или $A = B$, то пишут: $A \subseteq B$.

Действия над множествами

Объединение множеств A и B – множество $A \cup B$, состоящее из всех тех элементов, которые принадлежат или множеству A , или множеству B .



Пересечение множеств A и B – множество $A \cap B$, состоящее из всех тех элементов, которые принадлежат и множеству A , и множеству B .



Если $m(A)$ – количество элементов конечного множества A , $m(B)$ – количество элементов конечного множества B , то:

$$m(A \cup B) = m(A) + m(B) - m(A \cap B).$$

3. Совокупности и системы

Совокупность двух утверждений A , B – утверждение « A или B »; записывается с помощью квадратной скобки:

$$\left[\begin{array}{l} A, \\ B. \end{array} \right.$$

Система двух утверждений A, B – утверждение « A и B »; записывается с помощью фигурной скобки:

$$\left\{ \begin{array}{l} A, \\ B. \end{array} \right.$$

Рассматривают также совокупности и системы трех (и более) утверждений, а также совокупности систем или системы совокупностей утверждений. В качестве утверждений могут быть уравнения, неравенства и т.д.

4. Метод математической индукции

Для доказательства справедливости утверждения $A(n)$ при всех натуральных $n \geq n_0$ ($n_0 \in \mathbf{N}$) необходимо сделать следующие три шага:

1) непосредственной проверкой убедиться в истинности $A(n_0)$;

2) предположить, что $A(k)$ истинно для любого фиксированного натурального k ($k \geq n_0$);

3) доказать, что $A(k+1)$ истинно для всех $k \in \mathbf{N}$ ($k \geq n_0$).

II. ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЧИСЛА

1. Числовые множества

Классификация числовых множеств

$\mathbf{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$ – множество натуральных чисел;

$\mathbf{Z} = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$ – множество целых чисел;

\mathbf{Q} – множество рациональных чисел, определяемое двумя способами:

1) множество всех обыкновенных дробей $\frac{m}{n}$, где $m \in \mathbf{Z}; n \in \mathbf{N}$;

2) множество всех бесконечных десятичных периодических дробей;

\mathbf{I} – множество иррациональных чисел, определяемое как множество всех бесконечных десятичных непериодических дробей;

\mathbf{R} – множество действительных чисел:

$$\mathbf{R} = \mathbf{Q} \cup \mathbf{I}.$$



Четные и нечетные натуральные числа:

$2n$ – формула *четных чисел* ($n \in \mathbf{N}$);

$2n - 1$ – формула *нечетных чисел* ($n \in \mathbf{N}$).

Некоторые иррациональные числа:

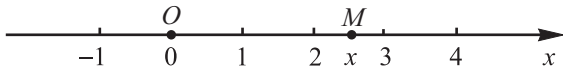
$$e = 2,718281828\dots, \quad \pi = 3,141592653\dots,$$

$$\sqrt{2} = 1,414213562\dots, \quad \sqrt{3} = 1,732050807\dots,$$

$$\sqrt{5} = 2,236067977\dots$$

Геометрическое истолкование действительных чисел

Числовая ось (или *координатная прямая*) – прямая с заданными на ней началом отсчета, направлением и единичным отрезком.



Координата точки M на оси Oх – число, которое соответствует этой точке; пишут: $M(x)$.

Между множеством точек числовой оси и множеством действительных чисел установлено взаимно однозначное соответствие.

Число a называется *положительным* (пишут: $a > 0$), если соответствующая точка на числовой оси лежит

справа от точки $O(0)$, и *отрицательным* (пишут: $a < 0$) – если она лежит слева.



a и $-a$ – *противоположные числа* ($a \in \mathbf{R}$);

a и $\frac{1}{a}$ – *обратные числа* ($a \in \mathbf{R}$, $a \neq 0$).

2. Числовые промежутки

Отрезок:

$$[a, b] \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad x \end{array} \quad a \leq x \leq b$$

Интервал:

$$(a, b) \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad x \end{array} \quad a < x < b$$

Полуинтервалы:

$$[a, b) \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad x \end{array} \quad a \leq x < b$$

$$(a, b] \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{a} \quad \text{b} \quad x \end{array} \quad a < x \leq b$$

Числовые лучи:

$$(-\infty, b] \quad \begin{array}{c} \text{//////} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{c} \bullet \\ b \end{array} \xrightarrow{x} \quad x \leq b$$

$$(-\infty, b) \quad \begin{array}{c} \text{//////} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{c} \circ \\ b \end{array} \xrightarrow{x} \quad x < b$$

$$[a, +\infty) \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{c} \bullet \\ a \end{array} \begin{array}{c} \text{//////} \\ \text{-----} \end{array} \xrightarrow{x} \quad x \geq a$$

$$(a, +\infty) \quad \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \begin{array}{c} \circ \\ a \end{array} \begin{array}{c} \text{//////} \\ \text{-----} \end{array} \xrightarrow{x} \quad x > a$$

Числовая прямая:

$$(-\infty, +\infty) \quad \begin{array}{c} \text{//////} \\ \text{-----} \end{array} \xrightarrow{x} \quad x \in \mathbf{R}$$

3. Десятичная система счисления

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 – *цифры*.

Если $n \in \mathbf{N}$, то в десятичной системе счисления

$$n = a_k \cdot 10^k + a_{k-1} \cdot 10^{k-1} + \dots + a_2 \cdot 10^2 + a_1 \cdot 10 + a_0,$$

где a_0 – цифра единиц; a_1 – цифра десятков; a_2 – цифра сотен и т.д., причем $a_k \neq 0$; k – разряд цифры. Пишут также: $n = \overline{a_k a_{k-1} \dots a_1 a_0}$.

В частности:

$\overline{a_1 a_0} = 10a_1 + a_0$ – позиционная запись двузначного натурального числа ($a_1 \neq 0$);

$\overline{a_2 a_1 a_0} = 100a_2 + 10a_1 + a_0$ – позиционная запись трехзначного числа ($a_2 \neq 0$).

4. Действия над действительными числами

Компоненты действий

Сложение: $a + b$ – сумма, a и b – слагаемые.

Вычитание: $a - b$ – разность, a – уменьшаемое, b – вычитаемое.

Умножение: ab (или $a \cdot b$, $a \times b$) – произведение, a – множимое, b – множитель, a и b – сомножители.

Деление: $\frac{a}{b}$ (или $a : b$) – частное, a – делимое, b – делитель ($b \neq 0$).

Действия над положительными и отрицательными числами

При сложении двух чисел с одинаковыми знаками складывают их модули и перед суммой ставят общий знак. При сложении двух чисел с разными знаками из большего модуля одного из них вычитают меньший модуль другого и ставят знак того числа, у которого модуль больше. Сумма двух противоположных чисел равняется нулю.

Вычитание одного числа из другого можно заменить сложением; при этом уменьшаемое берут со своим знаком, а вычитаемое – с противоположным.

При умножении двух чисел умножают их модули и перед произведением ставят плюс, если знаки сомножителей одинаковы, и минус, – если знаки разные.

При делении двух чисел модуль делимого делят на модуль делителя и перед частным ставят плюс, если знаки делимого и делителя одинаковые, и минус – если знаки разные.

Законы сложения и умножения чисел

$a + b = b + a$ – переместительный закон сложения;

$ab = ba$ – переместительный закон умножения;

$a + (b + c) = (a + b) + c$ – сочетательный закон сложения;

$a(bc) = (ab)c$ – сочетательный закон умножения;

$a(b + c) = ab + ac$ – распределительный закон.

Деление с остатком

Формула деления с остатком:

$$\frac{a}{b} = c + \frac{r}{b},$$

где a – делимое; b – делитель; c – частное; r – остаток; $a, b, c, r \in \mathbf{Z}$; $0 \leq r < |b|$.

Если $r \neq 0$, то число a делится на число b с остатком. В таком случае говорят, что c – *неполное частное*.

Если $r = 0$, то число a делится на число b нацело (без остатка). В таком случае говорят, что c – *полное частное*. Число a называется *кратным* числу b .

5. Признаки делимости натуральных чисел

На **2** делится число, последняя цифра которого четная или нуль.

На **3** делится число, сумма цифр которого делится на 3.

На **4** делится число, две последние цифры которого нули или образуют число, делящееся на 4.

На **5** делится число, последняя цифра которого 5 или 0.

На **6** делится число, которое делится и на 2, и на 3.

На **7** делится число, у которого разность между числом, выраженным тремя последними цифрами, и числом, выраженным остальными цифрами, делится на 7.

На **8** делится число, три последние цифры которого нули или образуют число, делящееся на 8.

На **9** делится число, сумма цифр которого делится на 9.

На **10** делится число, последняя цифра которого нуль.

На **11** делится число, у которого разность суммы цифр, занимающих четные места, и суммы цифр, занимающих нечетные места, делится на 11.

На **13** делится число, у которого разность между числом, выраженным тремя последними цифрами, и числом, выраженным остальными цифрами, делится на 13.

На **25** делится число, две последние цифры которого нули или образуют число, делящееся на 25.

На **100** делится число, две последние цифры которого нули.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Основные обозначения	4

МАТЕМАТИКА

I. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИКУ	5
1. Высказывания и типы теорем	5
Высказывания	5
Типы теорем	5
2. Множества	6
Понятие множества	6
Действия над множествами	7
3. Совокупности и системы	7
4. Метод математической индукции	8
II. ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ ЧИСЛА	9
1. Числовые множества	9
Классификация числовых множеств	9
Геометрическое истолкование действительных чисел ...	10
2. Числовые промежутки	11
3. Десятичная система счисления	12
4. Действия над действительными числами	13
Компоненты действий	13

Действия над положительными и отрицательными числами	13
Законы сложения и умножения чисел	14
Деление с остатком	14
5. Признаки делимости натуральных чисел	15
6. Простые и составные числа	16
Основные понятия	16
Наибольший общий делитель	17
Наименьшее общее кратное	18
7. Обыкновенные дроби	18
Основные понятия	18
Действия над обыкновенными дробями	19
8. Пропорция	20
9. Десятичные дроби	22
Понятие десятичной дроби	22
Виды десятичных дробей	23
Действия над десятичными дробями	23
Обращение дробей	24
Округление десятичных дробей	26
Стандартный вид числа	27
10. Проценты	27
11. Неравенства	28
Понятие неравенства	28
Свойства числовых неравенств	29
12. Характерные величины для действительных чисел	30
Модуль числа	30
Знак числа	31
Целая часть числа	31
Дробная часть числа	32
13. Степени	32
Понятие степени	32
Свойства степеней	33
14. Корни	34

Понятие корня	34
Свойства корней	34
Устранение иррациональности в знаменателе дроби	35
15. Логарифмы	37
Понятие логарифма	37
Свойства логарифмов	37
Обобщенные свойства логарифмов	38
16. Средние величины	39
17. Факториал	40
III. ВЫРАЖЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ	41
1. Понятие выражения с переменными	41
2. Формулы сокращенного умножения	44
3. Многочлены	45
Понятие многочлена с одной переменной	45
Действия над многочленами	46
Корни многочлена	48
Разложение многочлена на множители	49
Понятие многочлена с несколькими переменными	50
4. Рациональные дроби	51
Понятие рациональной дроби	51
Разложение рациональной дроби	51
IV. УРАВНЕНИЯ	53
1. Понятие уравнения	53
2. Линейное уравнение	53
3. Квадратное уравнение	54
4. Уравнение n -й степени	56
5. Дробно-рациональное уравнение	56

6. Иррациональные уравнения	57
7. Показательные уравнения	58
8. Логарифмические уравнения	59
9. Уравнения с модулем	61
10. Системы уравнений	62
Понятие системы уравнений	62
Методы решения систем двух уравнений с двумя неизвестными	63
V. НЕРАВЕНСТВА	64
1. Неравенства с одной переменной	64
2. Линейные неравенства	65
3. Квадратные неравенства	66
4. Неравенства n -й степени	67
5. Дробно-рациональные неравенства	69
6. Показательные неравенства	69
7. Логарифмические неравенства	70
8. Неравенства с модулем	72
9. Неравенства с двумя переменными	75
VI. ТРИГОНОМЕТРИЯ	75
1. Градусное и радианное измерение углов	75
2. Тригонометрические функции	76
Определение тригонометрических функций	76
Свойства тригонометрических функций	77
3. Приведение тригонометрических функций	80
4. Тригонометрические формулы	82
5. Обратные тригонометрические функции	88
Определение и свойства обратных тригонометрических функций	88

Формулы для обратных тригонометрических функций	89
6. Простейшие тригонометрические уравнения	92
VII. ФУНКЦИИ	93
1. Понятие функции	93
Определение функции	93
Основные характеристики функции	94
Обратная и сложная функции	95
Явная, неявная и параметрически заданная функции	96
2. Элементарные функции	97
3. Графики элементарных функций	98
4. Графики некоторых неэлементарных функций	108
5. Преобразование графиков функций	110
VIII. ПЛАНИМЕТРИЯ	111
1. Прямые на плоскости	111
2. Углы на плоскости	113
3. Параллельность прямых	114
4. Многоугольник	115
5. Треугольник	116
Основные понятия	116
Теоремы косинусов и синусов	117
Линии в треугольнике	118
Решение треугольников	120
Признаки равенства и подобия треугольников	121
Площадь треугольника	122
6. Прямоугольный треугольник	122
7. Равнобедренный треугольник	125
8. Равносторонний треугольник	125
9. Четырехугольник	126
10. Параллелограмм	129

11. Ромб	130
12. Прямоугольник	131
13. Квадрат	132
14. Трапеция	133
15. Правильные многоугольники	135
16. Окружность и круг	135
Окружность	135
Круг	138
17. Уравнения прямой и окружности	139
IX. СТЕРЕОМЕТРИЯ	140
1. Прямая и плоскость в пространстве	140
Основные понятия	140
Взаимное расположение прямой и плоскости	142
2. Углы в пространстве	143
3. Многогранник	144
4. Призма	145
5. Параллелепипед	147
6. Пирамида	148
7. Усеченная пирамида	150
8. Правильные многогранники	151
9. Цилиндр	154
10. Конус	154
11. Усеченный конус	155
12. Сфера и шар	156
13. Комбинация геометрических тел	159
X. ВЕКТОРЫ	160
1. Понятие вектора	160
2. Операции над векторами	162

Линейные операции над векторами	162
Свойства линейных операций над векторами	164
Скалярное произведение	164
3. Прямоугольная декартова система координат на плоскости	165
Основные понятия	165
Координатная форма операций над векторами на плоскости	165
4. Прямоугольная декартова система координат в пространстве	167
Основные понятия	167
Координатная форма операций над векторами в пространстве	168
XI. ПРЕДЕЛ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ФУНКЦИИ	169
1. Числовые последовательности	169
Понятие числовой последовательности	169
Способы задания последовательности	169
Виды последовательностей	170
2. Прогрессии	171
Арифметическая прогрессия	171
Геометрическая прогрессия	172
3. Предел последовательности	173
4. Предел функции в точке	174
Понятие предела функции в точке и его свойства	174
Замечательные пределы	176
XII. ПРОИЗВОДНАЯ ФУНКЦИИ	177
1. Понятие производной	177
Определение производной	177
Геометрический смысл производной	178
Физический смысл производной	179

2. Правила дифференцирования	180
Основные формулы	180
Дифференцирование сложной функции	180
Таблица производных	181

ФИЗИКА

XIII. МЕХАНИКА	182
1. Предмет механики	182
2. Кинематика	183
Система отсчета	184
Способы описания движения	184
Перемещение и путь	185
Скорость	186
Ускорение	187
Равномерное движение	190
Равнопеременное движение	190
Движение тела, брошенного вертикально вверх	193
Движение тела, брошенного горизонтально	195
Движение тела, брошенного под углом к горизонту	196
Движение по окружности	199
Движения твердого тела	200
Относительность движения	202
3. Динамика	203
Основные понятия	203
Первый закон Ньютона	204
Второй закон Ньютона	205
Третий закон Ньютона	206
Закон всемирного тяготения	206
Сила тяжести и вес тела	209
Сила упругости	211

Силы трения	214
Движение связанных тел	218
4. Статика	219
Условия равновесия твердых тел	220
Центр масс и центр тяжести	222
5. Работа и механическая энергия	224
Работа силы	224
Мощность	226
Кинетическая энергия	228
Потенциальная энергия	229
6. Законы сохранения	230
Закон сохранения импульса	230
Закон сохранения механической энергии	232
7. Механика жидкостей и газов	233
Закон Паскаля	233
Сообщающиеся сосуды	236
Закон Архимеда	237
Гидродинамика	239
8. Элементы релятивистской механики	242
Постулаты специальной теории относительности	242
Релятивистская кинематика	243
Релятивистская динамика	245
9. Элементы квантовой механики	246
XIV. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	248
1. Основы молекулярной физики	248
Основные понятия	248
Основные положения молекулярно-кинетической теории	251
Изопроцессы	254
2. Основы термодинамики	256
Энергия термодинамической системы	257
Первое начало термодинамики	259

Адиабатический процесс	261
Теплоемкость	262
Тепловая машина	263
Второе начало термодинамики	265
Фазовые переходы	265
Влажность	267
3. Поверхностные эффекты	268
Поверхностное натяжение	268
Смачивание	269
Капиллярные явления	270
XV. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	271
1. Электрический заряд	271
2. Электростатическое поле в вакууме	273
Закон Кулона	273
Напряженность и потенциал электростатического поля	274
Графическое изображение электростатического поля	279
Энергия системы электрических зарядов	280
3. Электростатическое поле в веществе	282
Электростатическое поле в диэлектриках	282
Проводники в электростатическом поле	284
Конденсаторы	285
4. Законы постоянного тока	288
Сила и плотность тока	288
Электрическое сопротивление	289
Измерение силы тока и напряжения	292
Закон Ома	293
Работа и мощность постоянного тока	296
5. Электрический ток в различных средах	298
Электрический ток в газах	298
Электрический ток в вакууме	300
Электрический ток в электролитах	301

Электрический ток в твердых телах	303
6. Магнитное поле постоянного тока	306
Магнитная индукция	306
Сила Ампера	309
Сила Лоренца	310
7. Электромагнитная индукция	311
Закон электромагнитной индукции	311
Явление самоиндукции	315
Энергия магнитного поля	317
8. Магнитное поле в веществе	318
XVI. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	319
1. Колебания	319
Периодические колебания	319
Виды колебаний	319
Гармонические колебания	320
2. Механические колебания	322
Пружинный маятник	322
Математический маятник	323
Скорость и ускорение при гармонических колебаниях ...	325
Энергия при гармонических колебаниях	326
3. Механические волны	327
Классификация волн	327
Монохроматические волны	328
Звуковые волны	329
4. Электромагнитные колебания	330
Гармонические электромагнитные колебания	330
Переменный электрический ток	333
Последовательная цепь переменного тока	336
Параллельная цепь переменного тока	337
Мощность в цепи переменного тока	338
Трансформаторы	340
5. Электромагнитные волны	342

XVII. ОПТИКА	345
1. Предмет оптики	345
2. Волновая оптика	345
Интерференция света	345
Дифракция света	350
Дисперсия света	351
3. Геометрическая оптика	352
Законы геометрической оптики	352
Построение изображений в зеркалах	354
Преломление света на плоских поверхностях	357
Преломление света на сферических поверхностях	359
Построение изображения в линзах	363
Оптические приборы	365
4. Элементы квантовой оптики	366
Внешний фотоэффект	367
Давление света	368
XVIII. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА	369
1. Атом	369
2. Атомное ядро	371
3. Ядерные реакции	373
4. Радиоактивность	375
5. Классификация элементарных частиц	377
Приложения	381

Справочное издание

Жавнерчик Валерий Эдуардович
Майсеня Людмила Иосифовна
Савилова Юлия Ивановна

**СПРАВОЧНИК
ПО МАТЕМАТИКЕ И ФИЗИКЕ**

2-е издание, переработанное

Редактор *Е.В. Малышева*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*
Корректор *В.И. Аверкина*

Подписано в печать 12.06.2014. Формат 60×90/32. Бумага для офсетной печати.
Гарнитура “Таймс”. Офсетная печать. Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 10,83.
Тираж 1500 экз. Заказ 1006.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.

Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».
ЛП № 02330/99 от 14.04.2014. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.