

# ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

**БИНОМ**



# ЭНЦИКЛОПЕДИЯ **ШКОЛЬНОЙ** **ИНФОРМАТИКИ**



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2011

УДК 004.4  
ББК 32.97  
Э68

Авторский коллектив:

Андреева Е. В. (разделы I, IV), Дуванов А. А. (раздел VI),  
Еремин Е. А. (раздел II), Калинин И. А. (разделы V, VII),  
Островский С. Л. (введение, раздел V),  
Семакин И. Г. (введение, «Информатика», разделы I, II, III, VII),  
Фалина И. Н. (разделы I, IV), Хеннер Е. К. (разделы III, VII)

Э68 **Энциклопедия** школьной информатики / под ред. И. Г. Се-  
макина. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 400 с. :  
ил.

ISBN 978-5-9963-0185-0

Энциклопедия представляет собой книгу для дополнительного чтения по школьному курсу информатики и ИКТ. Состоит из 7 разделов, каждый раздел включает множество статей, раскрывающих систему понятий школьного курса информатики и ИКТ. Книга адресована как ученикам, так и учителям.

Для учеников это источник дополнительного учебного материала по всем разделам и темам курса информатики. Книга может быть использована для самостоятельной работы при составлении докладов, рефератов, при подготовке к сдаче ГИА и ЕГЭ по информатике. Для учителей наряду с предметным содержанием интерес представляют методические рекомендации по преподаванию тем курса на разных уровнях: в основной школе (8–9 кл.), в старших классах на базовом и профильном уровнях. Книга рекомендуется также широкому кругу читателей, желающих расширить свой кругозор в области информатики и ИКТ.

УДК 004.4

ББК 32.97

---

*Учебное издание*

**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКИ**

Научный редактор *И. Семакин*

Ведущий редактор *О. Полежаева*

Художники *С. Инфантэ, Н. Новак*

Иллюстрации: *Ю. Белаи, С. Белаи, Е. Вешнякова*

Фотограф *Д. Миронов*

Обложка: *С. Толстошеина*

Технический редактор *Е. Денюкова*

Корректор *Е. Клитина*

Оригинал-макет подготовлен *О. Лапко* в пакете  $\text{\LaTeX} 2\epsilon$

Подписано в печать 22.02.11. Формат 84×108/16.

Усл. печ. л. 42,00. Тираж 2000 экз. Заказ

Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272, e-mail: binom@Lbz.ru, <http://www.Lbz.ru>

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3	Процессор .....	98
<b>Информатика</b> .....	5	Устройства ввода/вывода .....	101
Раздел I		Учебная модель компьютера .....	104
<b>Теоретические основы информатики</b> ..	9	Файлы и файловая система .....	107
Высказывание .....	10	Функциональное устройство компьютера ..	110
Измерение информации — алфавитный под- ход .....	12	Шины и интерфейсы .....	113
Измерение информации — содержательный подход .....	15	Раздел III	
Информационные процессы .....	19	<b>Информационное моделирование</b> .....	115
Информация .....	21	Графические модели .....	116
Кванторы .....	24	Имитационные модели .....	120
Кибернетика .....	25	Математические модели .....	124
Кодирование информации .....	30	Моделирование глобальных процессов .....	128
Логические выражения .....	33	Моделирование знаний и искусственный ин- теллект .....	131
Логические операции .....	36	Моделирование процессов оптимального планирования .....	136
Обработка информации .....	39	Моделирование физических систем и про- цессов .....	139
Передача информации .....	42	Моделирование экологических систем и про- цессов .....	143
Системы счисления .....	45	Объектно-информационные модели .....	147
Хранение информации .....	49	Системный анализ .....	151
Языки .....	53	Статистические модели .....	156
Раздел II		Табличные модели .....	160
<b>Компьютер</b> .....	57	Формализация и моделирование .....	163
Аппаратное и программное обеспечение ..	58	Раздел IV	
Архитектура компьютера .....	61	<b>Алгоритмизация и программирование</b> ..	167
Базовые принципы устройства ЭВМ .....	64	Алгоритм .....	168
Загрузка программного обеспечения .....	66	Алгоритмически неразрешимые задачи .....	172
Исполнение программы .....	68	Алгоритмические конструкции .....	176
Контроллеры .....	70	Алгоритмы обработки текстовой информации	180
Логические элементы и узлы .....	72	Алгоритмы обработки числовой информации	184
Машинная команда .....	77	Игры и выигрышные стратегии .....	194
Носители информации .....	79	Исполнитель алгоритмов .....	197
Операционная система .....	82	Объектно-ориентированное программирова- ние .....	200
Память внешняя .....	85	Операторы языка программирования .....	204
Память оперативная .....	87	Операции с массивами .....	208
Пользовательский интерфейс .....	91		
Представление чисел в памяти компьютера ..	94		

Подпрограммы.....	213	Поиск информации .....	341
Разработка программ.....	217	Публикация сайта.....	347
Способы записи алгоритмов .....	223	Сервисы Интернета .....	348
Структуры данных .....	226	Структура сайта .....	351
Теория алгоритмов.....	231	Тестирование сайта.....	356
Типы данных .....	238	Топология сети .....	357
Языки программирования .....	242	Электронная почта .....	360
Раздел V		Раздел VII	
<b>Информационные технологии</b> .....	251	<b>Социальная информатика и информа-</b>	
Технологии обработки текста .....	252	<b>ционная безопасность</b> .....	367
Технологии обработки графической инфор-		Атаки.....	368
мации .....	262	Вредоносный программный код .....	369
Мультимедиа технологии .....	269	Доктрина информационной безопасности РФ	370
Электронные таблицы .....	280	Информационная безопасность .....	372
Базы данных.....	287	Информационное общество.....	373
Технологии геоинформационных систем .....	309	Информационное право .....	379
		Информационные ресурсы .....	381
Раздел VI		Межсетевые экраны .....	383
<b>Компьютерные телекоммуникации</b> .....	311	Нежелательная почтовая корреспонденция...	385
CSS .....	312	Регламентация доступа к данным.....	386
Ethernet .....	317	Резервирование .....	388
HTML.....	319	Сертификаты и доверие .....	390
Web-пространство.....	323	Средства борьбы с вредоносным программ-	
Дизайн сайта .....	327	ным кодом.....	391
Инструменты разработки сайта .....	331	Шифры .....	393
Интернет .....	334		
Компьютерные сети .....	337	<b>Библиография</b> .....	396

# ВВЕДЕНИЕ

**П**редлагаемая вам книга посвящена школьной информатике. Информатика как самостоятельная наука оформилась в середине XX века, в первую очередь, благодаря изобретению электронных вычислительных машин.

С изобретением и распространением в 1970-х годах микропроцессоров и созданием на их основе микро-ЭВМ и персональных компьютеров начинается процесс информатизации многих областей человеческой деятельности. В том числе этот процесс затронул и систему образования. Возникает потребность в массовой компьютерной грамотности населения. Становится актуальной задача включения информатики в программу общеобразовательной школы.

Общеобразовательный курс информатики преподаётся в отечественной школе начиная с 1985 года. Основным источником проблем в обучении информатике заключается в быстром развитии её теоретического и прикладного содержания. Теоретическое содержание информатики — это множество научных дисциплин, предметом изучения которых является информация и информационные процессы. Прикладное содержание информатики — это разнообразные информационные технологии, основанные на применении компьютеров.

Содержание любого общеобразовательного предмета имеет определённую структуру, которая обеспечивает его целостность и устойчивость. В процессе разработки образовательного стандарта по информатике были выделены его

структурные составляющие, которые получили название содержательных линий. Ниже приведён их список:

1. Информация и информационные процессы.
2. Представление информации.
3. Компьютер.
4. Моделирование и формализация.
5. Алгоритмизация и программирование.
6. Информационные технологии.
7. Компьютерные телекоммуникации.
8. Социальная информатика.

Структура настоящей энциклопедии построена в соответствии со списком содержательных линий. Первый раздел, который называется «Теоретические основы информатики», посвящён двум первым содержательным линиям. Каждый последующий раздел энциклопедии (со II по VII) посвящён отдельной содержательной линии в последовательности, соответствующей приведённому выше списку. Статьи внутри раздела следуют в алфавитном порядке, согласно традициям энциклопедического издания (за исключением раздела V — там мы посчитали целесообразным сохранить смысловой порядок статей). Некоторые термины внутри статей являются перекрёстными ссылками на другие статьи энциклопедии, в которых подробно раскрывается их содержание. Такая ссылка (термин) выделена курсивом, в угловых скобках за термином следует номер раздела (римская цифра). Например: *передача информации*<sup>(I)</sup> означает статью «Передача информации» из раздела I.

Каждый раздел начинается с вводной статьи. В ней описывается общая логика содержания раздела, связь между основными понятиями, выступающими в качестве названий статей. Названия выделены жирным шрифтом.

Настоящее издание имеет свою предысторию. В определённом смысле, выражаясь привычным для специалистов в области информатики языком, в книге представлена вторая версия энциклопедии — «Энциклопедия 2.0». Первая версия была создана «с нуля» по заказу газеты «Информатика» Издательского дома «Первое сентября» и опубликована летом 2007 года (№№ 11–19) в виде цикла статей под общим названием «Энциклопедия учителя информатики». Такое название и место публикации — профессиональная учительская газета, определяли учителя в качестве основного адресата энциклопедии. Содержание данного книжного издания составлено на основе газетного варианта после некоторой переработки.

Данная «Энциклопедия школьной информатики» предназначена для учеников и учителей информатики. Книга не заменяет собой школьные учебники по информатике, а является дополнительным справочным пособием. Ученики могут использовать материал энциклопедии при подготовке рефератов, докладов, а также при желании глубже разобраться в отдельных темах

школьного курса. Материалы энциклопедии помогут и школьному учителю при подготовке к урокам. Специально для учителей в конце каждой статьи присутствует раздел «Методические рекомендации», в котором предлагаются подходы к решению проблем, возникающих при обучении данной теме. Особое внимание уделяется специфике преподавания темы на разных ступенях изучения: в основной школе, в старших классах на базовом и профильном уровнях.

Данная энциклопедия будет полезна не только учащимся школ, но и широкому кругу читателей — всем, кто интересуется информатикой или просто желает познакомиться с теми или иными объектами и явлениями увлекательного мира информатики.

Авторский коллектив энциклопедии составили опытные специалисты в области информатики, в теории и методике преподавания информатики. Все авторы имеют большой опыт в разработке учебной и методической литературы по школьной и вузовской информатике, практический опыт преподавания информатики на разных уровнях системы образования — от школы до вуза.

Если у вас появятся замечания или предложения по дальнейшему совершенствованию энциклопедии, что возможно в последующих изданиях книги, то направляйте их в адрес издательства.



# ИНФОРМАТИКА

**Т**ермин «информатика» в русском языке является сравнительно новым словообразованием. В работе академика А. П. Ершова «Информатика: предмет и понятие» [23] отмечается «три прихода термина „информатика“ в русский язык».

Первая интерпретация термина относится к 1950-м гг. Её суть отражена в статье об информатике в Большой Советской Энциклопедии выпуска 1972 г.: «Информатика — дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности её создания, преобразования, передачи и использования в различных сферах человеческой деятельности» (БСЭ, т. 10, с. 348). В таком контексте разделами информатики являются библиография, библиотекведение и пр.

Второй приход относится к 60-м гг. XX века, когда термин «информатика» входит в употребление как «калька» с французского «informatique» — наука об ЭВМ и их применении. Синонимом к такой интерпретации является английское «computer science». В своём словаре школьной информатики А. П. Ершов пишет: «Название науки „информатика“, подчёркивающее ключевую роль „информации“ как своего основного понятия, образовано в соответствии с традициями латинского словообразования и введено в употребление почти одновременно в ряде европейских стран в середине 60-х гг. XX века» [62]. Очевидно, термин «информатика» имеет те же лингвистические корни, что и «математика», «грамматика» и пр.

И наконец, определяя новое содержание информатики периода «третьего прихода» (70–80-е гг. XX столетия), А. П. Ершов отмечает, что термин «информатика» приобретает более широкое значение «как название фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации». И там же: «Понимание единой природы информации вслед за установлением единой природы вещества и энергии стало важным шагом к постижению материального единства мира. ... Информационная модель — это то сопряжение, через которое информатика вступает в отношение с частными науками, не сливаясь с ними и в то же время не вбирая их в себя».

## Структура предметной области информатики

**Информатика** как научная область и как область практического использования компьютерной техники и информационных технологий начала складываться во второй половине XX века. Первоисточником научной области информатики принято считать **кибернетику**, рождение которой связывается с выходом в 1948 г. книги Н. Винера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине» [13]. Хотя, безусловно, к первоисточникам современной информатики следует отнести и теорию информации, зародившуюся в 1930-х гг. в работах К. Шеннона, Р. Хартли, и теорию алгоритмов (А. Тьюринг,



Э. Пост, А. Марков), и работы Джона фон Неймана по архитектуре ЭВМ.

Прикладная ветвь информатики формируется с появлением электронных вычислительных машин.

Таким образом, с начала своего зарождения информатика объединяет в себе науку об информации — **теоретическую информатику** и информационную технику и технологии — **прикладную информатику**. По отношению к последней сравнительно недавно в употребление вошёл оборот «**информационно-коммуникационные технологии**», или сокращённо — **ИКТ**.

Теоретическая и прикладная ветви информатики тесно связаны друг с другом и способствуют взаиморазвитию. Ситуация здесь аналогична взаимодействию в других научных и прикладных областях: физике и технике, химии и химических технологиях. Некоторые дисциплины информатики носят пограничный характер, находясь на стыке теоретического и технологического направлений, например «Методы и языки программирования», «Архитектура ЭВМ».

В 80–90-х гг. XX столетия формируется ещё одна ветвь информатики — **социальная информатика**. Причиной зарождения этого научного направления стал феномен, который принято называть процессом формирования информационно-ориентированного общества. Научно-техническими предпосылками этого феномена стало, во-первых, создание и распространение микропроцессорной техники и новых информационных технологий, во-вторых, развитие компьютерных телекоммуникаций. Информация становится важнейшим общественным и личным ресурсом, а возможности её обработки — одним из основных факторов успеха и прогресса. Факт социальных последствий развития и внедрения средств информатики стал настолько очевиден, что возникла потребность научных исследований в этом направлении. Результаты таких исследований выразились в определённых практических шагах, в том числе в области законодательства.

Описание структуры предметной области информатики в систематизированном виде было представлено в Национальном докладе Российской Федерации на II Международном конгрессе ЮНЕСКО «Образование и информатика» [44]. Это описание, озаглавленное «Фундаментальные основы информатики», представлено в таблице на с. 7.

Таким образом, всё содержание предметной области информатики делится на четыре раздела:

1. Теоретическая информатика.
2. Средства информатизации.
3. Информационные технологии.
4. Социальная информатика.

Разделы 2 и 3 образуют общее направление, которое выше было названо прикладной информатикой. Такая структура предметной области информатики остаётся признанной и в настоящее время.

## **Структура образовательной области информатики**

Содержание образовательной области напрямую связано с содержанием соответствующей предметной области. Однако описание структуры образовательной области должно способствовать выделению отдельных учебных дисциплин. Каждая дисциплина требует более узкого определения предмета изучения, нежели такой обширный предмет, как информация и информационные процессы, которым объединяется весь раздел теоретической информатики.

В работе К. К. Колина «О структуре и содержании образовательной области „Информатика“» [35] приводится следующий перечень основных разделов информатики как объекта изучения:

1. Теоретическая информатика.
  - 1.1. Философские основы информатики.
  - 1.2. Начала общей теории информации.
  - 1.3. Математические основы информатики.
  - 1.4. Семантические основы информатики.
  - 1.5. Основы информационного моделирования.
  - 1.6. Интеллектуальные информационные системы.
  - 1.7. Информация и познание.
2. Средства информатизации.
  - 2.1. Технические средства информатизации.
  - 2.2. Программные средства информатизации.
  - 2.3. Средства информационного обеспечения.
3. Информационные технологии.
  - 3.1. Теоретические основы информационных технологий.
  - 3.2. Базовые информационные технологии.
  - 3.3. Прикладные информационные технологии.

4. Социальная информатика.
  - 4.1. Роль информации в развитии общества.
  - 4.2. Информационные ресурсы общества.
  - 4.3. Информационный потенциал общества.
  - 4.4. Информационное общество.
  - 4.5. Человек в информационном обществе.

В этом списке, как и в Национальном докладе, в основе структурирования лежат те же четыре раздела. Однако внутри каждого раздела отчётливо выражено предметное (дисциплинарное) структурирование содержания.

Следует признать сложность задачи построения исчерпывающей структуры как предметной, так и образовательной области информатики. Причина заключается прежде всего в динамичности, в быстром развитии предмета. Кроме того, существует множество дисциплин, пограничных между информатикой и другими науками. Всегда можно поспорить, куда их отнести. Примерами являются исследование операций (в том числе математическое программирование), численные методы. Что это: разделы ма-

		<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА</b>		Информация как семантическое свойство материи. Информация и эволюция в живой и неживой природе. Начала общей теории информации. Методы измерения информации. Макро- и микроинформация. Математические и информационные модели. Теория алгоритмов. Стохастические методы в информатике. Вычислительный эксперимент как методология научного исследования. Информация и знания. Семантические аспекты интеллектуальных процессов и информационных систем. Информационные системы искусственного интеллекта. Методы представления знаний. Познание и творчество как информационные процессы. Теория и методы разработки и проектирования информационных систем и технологий
		<b>СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ</b>	Технические	Хранения и обработки данных
Передачи данных	Компьютерные сети. Комплексы. Цифровые технические средства связи. Телекоммуникационные системы передачи аудио-, видео- и мультимедийной информации			
Программные	Системное ПО и системы программирования		Операционные системы и среды. Системы и языки программирования. Сервисные оболочки, системы пользовательского интерфейса. Программные средства межкомпьютерной связи (системы теледоступа), вычислительные и информационные среды	
	Реализации технологий		Универсальных	Текстовые и графические редакторы. Системы управления базами данных. Процессоры электронных таблиц. Средства моделирования объектов, процессов, систем. Информационные языки и форматы представления данных и знаний; словари; классификаторы; тезаурусы. Средства защиты информации от разрушения и несанкционированного доступа
Профессионально-ориентированных		Издательские системы. Системы реализации технологий автоматизации расчётов, проектирования, обработки данных (учёта, планирования, управления, анализа статистики и т. д.). Системы искусственного интеллекта (базы знаний, экспертные системы, диагностические, обучающие системы и др.)		
		<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>		Ввода/вывода, сбора, хранения, передачи и обработки данных. Подготовки текстовых и графических документов, технической документации. Интеграции и коллективного использования разнородных информационных ресурсов. Защиты информации. Программирования, проектирования, моделирования, обучения, диагностики, управления (объектами, процессами, системами)
		<b>СОЦИАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА</b>		Информационные ресурсы как фактор социально-экономического и культурного развития общества. Информационное общество — закономерности и проблемы становления и развития. Информационная инфраструктура общества. Проблемы информационной безопасности. Новые возможности развития личности в информационном обществе. Проблемы демократизации в информационном обществе и пути их решения. Информационная культура и информационная безопасность личности

тематики или информатики? Наверное, и то, и другое. Такие вопросы будут постоянно возникать в силу обширности приложений информатики.

## **Структура общеобразовательного курса информатики**

Чрезвычайно важной задачей для педагогической науки является поиск ответа на вопрос: как (какой своей частью) данная обширная образовательная область должна быть представлена в системе общего среднего образования?

В работах академика В. С. Леднева определён принцип отражения образовательной области в содержании общего образования. Он назван принципом «бинарного вхождения базовых компонентов в структуру образования» [40]. Сущность его состоит в том, что каждая образовательная область включается в содержание общего образования двояко: во-первых, как отдельный учебный предмет и, во-вторых, имплицитно — в качестве «сквозных линий» в содержании школьного образования в целом. Применительно к информатике действие этого принципа заключается в том, что в школьной программе существует отдельный учебный предмет, посвящённый информатике, и в то же время методы и средства информатики внедряются в учебный процесс вследствие информатизации всего школьного образования.

В отечественной общеобразовательной школе отдельный учебный предмет, посвящённый изучению информатики, существует с 1985 г. За 25-летний период изменялось его содержание вместе с изменением вхождения предметной области информатики в школьное образование. В этом процессе формировалась современная концепция общеобразовательного курса информатики, выделялись инвариантные составляющие его содержания.

Начиная с 1990-х гг., в школах России складывается опыт трёхэтапного изучения информатики:

пропедевтического курса в начальной школе, курса в основной школе (основного курса) и обучения информатике в старших классах полной средней школы на базовом и профильном уровнях. В 1992 г. Законом РФ «Об образовании» в качестве основных нормативных документов, определяющих содержание обучения, провозглашены образовательные стандарты. В ходе работы над образовательным стандартом по информатике в 1998–1999 гг. сформировалась концепция содержательных линий общеобразовательного курса. «Эти линии являются организующими идеями образовательной области или устойчивыми единицами содержания, образующими каркас курса, его архитектуру» [38].

Список основных содержательных линий:

- I. Информация и информационные процессы.
- II. Представление информации.
- III. Компьютер.
- IV. Моделирование и формализация.
- V. Алгоритмизация и программирование.
- VI. Информационные технологии.
- VII. Компьютерные телекоммуникации.
- VIII. Социальная информатика.

Восемь содержательных линий уже в своих названиях несут ориентир на доминирующий предмет изучения. Такая структура соответствует дисциплинарной структуре системы научных знаний в области информатики. Устойчивость этих линий состоит в их сохраняемости в процессе развития информатики как основных её направлений: развивается внутреннее содержание, но линии остаются (Федеральный компонент общего образования, 2004 г.).

Выделение основных содержательных линий имеет большое значение для систематизации содержания непрерывного курса информатики в школе по этапам: пропедевтический — основной — базовый/углублённый уровни. Этапы являются своеобразными концентриками, вокруг которых выстраивается обучение с повышением уровня изучения предмета на каждом новом этапе [38].

## Раздел I

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ

Основными объектами изучения науки информатики являются **информация** и **информационные процессы**. Информатика как самостоятельная наука возникла в середине XX столетия, однако научный интерес к информации и исследования в этой области появились раньше.

В начале XX века активно развиваются технические средства связи (телефон, телеграф, радио). В связи с этим появляется научное направление «теория связи». Его развитие породило теорию кодирования и теорию информации, основателем которых был американский учёный Клод Шеннон. Теория информации решала проблему **измерения информации**, передаваемой по каналам связи. Известны два подхода к измерению информации: **содержательный подход** и **алфавитный подход**. Последний используется в технических системах для оценивания объёма памяти, необходимого для хранения информации.

Важнейшая задача, поставленная теорией связи, — борьба с потерей информации в каналах передачи данных. В ходе решения этой задачи сформировалась **теория кодирования**, в рамках которой изобретались способы представления информации, позволяющие доносить содержание сообщения до адресата без искажения даже при наличии потерь передаваемого кода. Эти научные результаты имеют большое значение и сегодня, когда объёмы информационных потоков в технических каналах связи выросли на много порядков.

Предшественником современной информатики явилась наука **кибернетика**, основанная трудами Норберта Винера в конце 1940-х — начале

1950-х гг. В кибернетике произошло углубление понятия информации, было определено место информации в системах управления в живых организмах, в общественных и технических системах. Кибернетика исследовала принципы программного управления. Возникнув одновременно с появлением первых ЭВМ, кибернетика заложила научные основы как для их конструктивного развития, так и для многочисленных приложений.

ЭВМ (компьютер) — автоматическое устройство, предназначенное для решения информационных задач путём осуществления информационных процессов: **хранения, обработки и передачи информации**. Описание основных принципов и закономерностей информационных процессов также относится к теоретическим основам информатики.

Компьютер работает не с содержанием информации, которое способен воспринимать только человек, а с данными, представляющими информацию. Поэтому важнейшей задачей для компьютерных технологий является представление информации в форме данных, пригодных для их обработки. Данные и программы кодируются в двоичном виде. Обработка данных любого типа сводится в компьютере к вычислениям с двоичными числами, составленными из цифр 0 и 1. Именно поэтому компьютерные технологии ещё называют цифровыми. Представление чисел в компьютере основано на **теории систем счисления**, которая относится к теоретическим основам информатики.

Понятие «язык» происходит из лингвистики. **Язык** — это система символического представления

информации, используемая для её хранения и передачи. Понятие языка относится к числу базовых понятий информатики, поскольку информация (данные и программы) для обработки её компьютером представляется с помощью формальных языков — языков программирования и языка двоичных кодов. Язык общения компьютера с человеком всё более приближается к формам естественного языка.

Изучение информатики невозможно без знания основ математической логики, базовыми понятиями которой являются: **высказывания, логические операции, логические выражения, кван-**

**торы.** Логический тип данных является одним из основных, используемых в программировании и во многих прикладных программных средствах (базах данных, электронных таблицах и др.). На логике основывается компьютерная схемотехника (логические элементы, логические схемы, логические устройства компьютера).

К фундаментальным основам информатики относится теория алгоритмов. Понятие **алгоритма** вводится в статье *Обработка информации*(I). Подробно эта тема раскрывается в разделе IV *Алгоритмизация и программирование.*

## ВЫСКАЗЫВАНИЕ

### Понятие высказывания

**Высказывание** — повествовательное предложение, о котором в определённом контексте можно сказать, истинно оно или ложно [74].

Из написанного выше вытекает, что высказыванием может служить только утвердительное предложение.

Примерами высказываний на русском языке являются предложения: «Вчера было полнолуние», «Москва — столица Российской Федерации».

Высказывания являются одной из основных форм представления информации. Действительно, с помощью высказываний мы можем описывать свойства объектов («Число 5 — нечётное», «15 апреля 2007 г. в Хабаровске был ураганный ветер»), взаимоотношения объектов («Если в ромбе все углы прямые, то это квадрат», «Дробь является правильной только тогда, когда её числитель меньше знаменателя»).

Каждое высказывание в определённом контексте несёт значение «истина» или «ложь».

Однако определение истинности высказывания — далеко не простой вопрос. Например, высказывание «Число  $1 + 2^{25} = 4\,294\,967\,297$  — простое», принадлежащее П. Ферма (1601–1665), долгое время считалось истинным, пока в 1732 г. Л. Эйлер не доказал, что оно ложно.

Изучением высказываний как математических объектов занимается алгебра логики. Однако обоснование истинности или ложности про-

стых высказываний решается вне алгебры логики. Например, истинность или ложность высказывания «Сумма углов треугольника равна  $180^\circ$ » устанавливается геометрией, причём в геометрии Евклида это высказывание является истинным, а в геометрии Лобачевского — ложным.

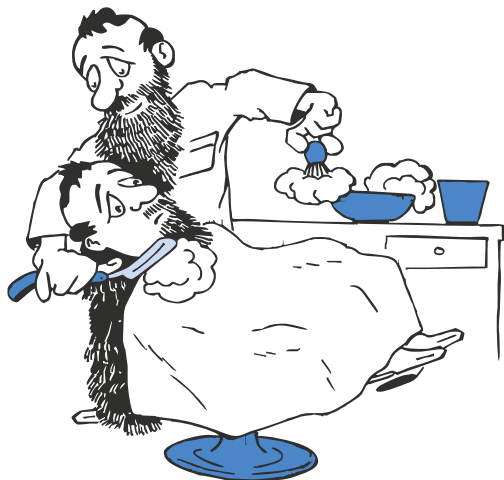


Приведённое выше определение высказывания не является математически точным. Оно отсылает проблему определения высказывания к проблеме определения истинности или ложности данного языкового образования. С этой точки зрения, не любое повествовательное предложение является высказыванием. Например, предложению «Это предложение является ложным»



невозможно приписать никакого значения истинности без того, чтобы не получить противоречие. Действительно, если принять, что предложение истинно, то это противоречит его собственному утверждению. Если же принять, что предложение ложно, то отсюда следует, что предложение на самом деле истинно. Получаем парадокс. Как видно, этому предложению осмысленно нельзя приписать какое-либо значение истинности, следовательно, оно не является высказыванием.

Причина этого парадокса лежит в структуре построения указанного предложения: оно ссылается на своё собственное значение. С помощью определённых ограничений на допустимые формы высказываний могут быть устранены такие ссылки «на себя» и, следовательно, устранены возникающие отсюда парадоксы.



*Парадокс бородбрея: «В некотором городе бородбрей бреет тех и только тех мужчин, которые не бреются сами». Кто бреет бородбрея?*

Высказывания могут выражаться с помощью математических, физических, химических и прочих знаков. Например, из двух чисел можно составить высказывания, соединив их знаками равенства или неравенства: « $5 < 7$ » (истинное высказывание), « $5 = 7$ » (ложное высказывание).

Высказывание называется **простым** или **элементарным**, если никакая его часть в свою очередь не является высказыванием.

Из элементарных высказываний можно получать новые, более сложные высказывания. **Алгебра логики** изучает способы установления истинности сложных высказываний с помощью алгебраических методов. В русском языке слож-

ные высказывания из элементарных высказываний строятся при помощи логических связок типа: «и», «или», «а», «но», «либо», «если ... , то ...», «неверно, что ...» и т. д.

Если высказывание является истинным, то говорят, что его **истинностное значение** есть «И» (истина), если высказывание является ложным, то его истинностное значение есть «Л» (ложь).

Истинностное значение сложного высказывания определяется истинностными значениями входящих в него простых высказываний.

## Понятие высказывательной формы

Высказывание обязательно должно что-либо утверждать или отрицать. Например, в предложении « $x < 12$ » не содержится никакого утверждения, так как значение  $x$  неизвестно, следовательно, нельзя ставить вопрос о его истинности или ложности. Но это предложение становится высказыванием при замене переменной  $x$  каким-либо конкретным значением.

Буква  $x$ , входящая в это предложение, играет роль переменной. **Переменная** — это языковое выражение, служащее для обозначения произвольного объекта из некоторого конкретного множества, называемого областью допустимых значений этой переменной. Если переменная употребляется таким образом, что вместо неё допускается подстановка любого значения из области допустимых значений, то эта переменная называется **свободной**. Так, переменная  $x$  в предложении « $x < 12$ » является свободной. Переменные  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $u$  в предложении « $ay^2 + by + c = 0$ » также являются свободными.

Однако встречается такое употребление переменных, которое не предполагает и не допускает возможность подстановки вместо переменных конкретных значений. Например, предложение «Не существует действительной переменной  $z$ , квадратный корень которой равен  $-1$ » содержит переменную  $z$ , однако подстановка конкретных значений вместо переменной  $z$  лишена какого-либо смысла.

В случае когда по смыслу выражения, содержащего переменную, подстановка вместо неё конкретных значений невозможна, эта переменная называется **связанной**. Повествовательное предложение, содержащее свободные переменные, называется **высказывательной формой**. Например, предложение « $x < 12$ » есть высказывательная форма.

## Методические рекомендации

Понятие высказывания вводится в основной школе. Но с этим понятием учащиеся начинают работать с младших классов. По-другому высказывания называют суждениями. Однако дело не в терминологии. Важно, чтобы школьник научился понимать, является конкретное предложение высказыванием или нет, чтобы он умел обосновать свой ответ. Если в рамках изучаемой темы (например, «Человек и информация» или «Основы алгоритмизации и программирования») школьникам приходится строить

сложные высказывания и определять их истинность, то последовательность изложения материала может быть следующей:

- понятие простого и сложного высказывания;
- понятие истинности высказывания;
- знакомство с основными логическими связками;
- отработка навыков построения сложных высказываний, устанавливающих взаимосвязь между объектами;
- отработка навыков построения высказываний, описывающих заданные объекты.

# ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ — АЛФАВИТНЫЙ ПОДХОД

**Алфавитный подход** используется для измерения количества информации в тексте, представленном в виде последовательности символов некоторого алфавита.

**Алфавитом** называется всё множество различных символов, используемых для записи текстов. Размер алфавита — целое число, которое называется **мощностью алфавита**.

Алфавитный подход не связан с содержанием текста. Количество информации в этом случае называется **информационным объёмом текста и пропорционально размеру текста** — количеству символов, составляющих текст. Иногда данный подход к измерению информации называют объёмным подходом.

Каждый символ текста несёт определённое количество информации. Его называют **информационным весом символа**. Информационный объём текста равен сумме информационных весов всех символов, составляющих текст:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_K = \sum_{j=1}^K i_j. \quad (1)$$

Здесь предполагается, что текст — это последовательная цепочка пронумерованных символов. В формуле (1)  $i_1$  обозначает информационный вес первого символа текста,  $i_2$  — информацион-

ный вес второго символа текста и т. д.;  $K$  — размер текста, т. е. полное число символов в тексте.



Определение информационных весов символов может происходить в двух предположениях:

- 1) в предположении о равной вероятности (одинаковой частоте встречаемости) любого символа в тексте;
- 2) с учётом разной вероятности (разной частоты встречаемости) различных символов в тексте.

### Предположение о равной вероятности встречаемости символов в тексте

Пусть  $N$  — мощность алфавита. Если допустить, что все символы алфавита в любом тексте появляются с одинаковой частотой (равной вероятностью), то имеем  $N$  равновероятных событий



появлений символов в тексте. Тогда количество  $i$  информации о том, что произошло одно из  $N$  событий, определяется из формулы Хартли (см. *Измерение информации — содержательный подход*(1)):

$$2^i = N. \quad (2)$$

Получим:

$$i = \log_2 N \text{ (битов)}. \quad (3)$$

Здесь  $i$  — это количество информации, которое несёт каждый символ, — информационный вес символа.

Можно записать формулу Хартли через вероятность  $p$  появления символа в тексте. Равная вероятность появления символов в тексте означает, что доля любого символа в тексте составляет  $1/N$  часть текста. Это значит, что вероятность появления символа равна

$$p = \frac{1}{N}.$$

Тогда

$$2^i = \frac{1}{p}, \quad i = \log_2 \frac{1}{p} \text{ (битов)}.$$

Зная информационный вес одного символа ( $i$ ) и размер текста, выраженный количеством символов ( $K$ ), можно вычислить информационный объём текста по формуле:

$$I = K \cdot i. \quad (4)$$

Из формулы (2) следует, что при  $N = 2$  (двоичный алфавит) информационный вес одного символа равен 1 биту.

С позиции алфавитного подхода к измерению информации, **1 бит** — это информационный вес символа из двоичного алфавита. Более крупной единицей измерения информации является **байт** — 8 битов. Поскольку  $256 = 2^8$ , то из формулы Хартли следует: 1 байт — это информационный вес символа из алфавита мощностью 256.

Для представления текстов, хранимых и обрабатываемых в компьютере, чаще всего используется алфавит мощностью 256 символов. В него включены буквы, цифры, знаки арифметических действий, знаки препинания, пробел и некоторые другие специальные знаки. Следовательно, 1 символ такого текста «весит» 1 байт.

Помимо бита и байта, для измерения информации применяются и более крупные единицы:

$$1 \text{ Кб (килобайт)} = 2^{10} \text{ байт} = 1024 \text{ байта},$$

$$1 \text{ Мб (мегабайт)} = 2^{10} \text{ Кб} = 1024 \text{ Кб},$$

$$1 \text{ Гб (гигабайт)} = 2^{10} \text{ Мб} = 1024 \text{ Мб}.$$

## Разная вероятность встречаемости символов в тексте

В этом предположении учитывается, что в реальном тексте разные символы встречаются с разной частотой. Это означает, что вероятности появления разных символов в определённой позиции текста различны. Тогда по формуле Шеннона (см. *Измерение информации — содержательный подход*(1)) для символа с номером  $j$ :

$$i_j = \log_2 \frac{1}{p_j}, \quad (5)$$

где  $i_j$  — информационный вес  $j$ -го символа,  $p_j$  — вероятность появления  $j$ -го символа в тексте. То есть в случае разных вероятностей появления символов в тексте различаются информационные веса символов.

Статистический анализ текстов на русском языке показывает, что частота появления в них буквы «о» составляет 0,09. Это значит, что на каждые 100 символов буква «о» в среднем встречается 9 раз. Это же число обозначает вероятность появления буквы «о» в определённой позиции текста:  $p = 0,09$ . Отсюда следует, что информационный вес буквы «о» в тексте на русском языке равен

$$i = \log_2 \frac{1}{0,09} = \log_2 \frac{100}{9} \approx \log_2 11,1111 \approx 3,47393 \text{ бита}.$$

Самой редкой в текстах на русском языке буквой является буква «ф». Её частота равна 0,002. Отсюда:

$$i = \log_2 \frac{1}{0,002} = \log_2 \frac{1000}{2} = \log_2 500 \approx 8,96578 \text{ бита}.$$

Отсюда следует качественный вывод: информационные веса редких букв больше, чем веса часто встречающихся букв.

Как же вычислить информационный объём текста с учётом разных информационных весов символов алфавита? Делается это по следующей формуле:

$$I = \sum_{j=1}^N n_j \log_2 \frac{1}{p_j} = \sum_{j=1}^N n_j i_j = n_1 i_1 + n_2 i_2 + \dots + n_N i_N. \quad (6)$$

Здесь  $N$  — размер (мощность) алфавита;  $p_j$  — вероятность появления символа с номером  $j$  в тексте;  $n_j$  — число повторений символа с номером  $j$  в тексте;  $i_j$  — информационный вес символа с номером  $j$ .

## Методические рекомендации

**Основная школа.** В курсе информатики в основной школе знакомство учащихся с алфавитным подходом к измерению информации чаще всего происходит в контексте компьютерного представления информации. Основное утверждение звучит так: «Количество информации измеряется длиной двоичного кода, с помощью которого эта информация представлена.»

Поскольку информация любого вида представляется в компьютерной памяти в форме двоичного кода, это определение универсально. Оно справедливо для текстовой, числовой, графической и звуковой информации.

Один знак (разряд) двоичного кода несёт 1 бит информации.

При объяснении способа измерения информационного объёма текста в основном курсе информатики данный вопрос раскрывается через следующую последовательность понятий: алфавит — длина двоичного кода символа — информационный объём текста.

Логика рассуждений разворачивается от частных примеров к получению общего правила. Пусть в алфавите некоторого языка имеется всего 4 символа. Обозначим их:  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ . Эти символы можно закодировать с помощью четырёх двухразрядных двоичных кодов:  $\alpha - 00, \beta - 01, \gamma - 10, \delta - 11$ . Здесь использованы все варианты размещений из двух символов по два, число которых равно  $2^2 = 4$ . Отсюда делается вывод: информационный вес символа из 4-символьного алфавита равен двум битам.

Следующий частный случай — 8-символьный алфавит, каждый символ которого можно закодировать 3-разрядным двоичным кодом, поскольку число размещений из двух знаков группами по 3 равно  $2^3 = 8$ . Следовательно, информационный вес символа из 8-символьного алфавита равен 3 битам. И так далее.

Обобщая частные примеры, получаем общее правило: с помощью  $b$ -разрядного двоичного кода можно закодировать алфавит, состоящий из  $N = 2^b$  символов.

**Пример 1.** Для записи текста используют только строчные буквы русского алфавита и символ «пробел» для разделения слов. Какой информационный объём имеет текст, состоящий

из 2000 символов (одна печатная страница размера А4)?

*Решение.* В русском алфавите 33 буквы. Сократив его на две буквы (например, «ё» и «й») и введя символ пробела, получаем очень удобное число символов — 32. Используя предположение о равной вероятности символов, запишем формулу Хартли:

$$2^i = 32 = 2^5.$$

Отсюда:  $i = 5$  битов — информационный вес каждого символа русского алфавита. Тогда информационный объём всего текста равен:

$$I = 2000 \cdot 5 = 10\,000 \text{ битов.}$$

**Пример 2.** Вычислить информационный объём текста размером в 2000 символов, в записи которого использован алфавит компьютерного представления текстов мощностью 256.

*Решение.* В данном алфавите информационный вес каждого символа равен 1 байту (8 битов). Следовательно, информационный объём текста равен 2000 байтов.

В практических заданиях по данной теме важно отрабатывать навыки учеников в пересчёте количества информации в разные единицы: биты — байты — килобайты — мегабайты — гигабайты. Если пересчитать информационный объём текста из примера 2 в килобайты, то получим:

$$2000 \text{ байтов} = \frac{2000}{1024} \approx 1,9531 \text{ Кб.}$$

**Пример 3.** Объём сообщения, содержащего 1024 символа, составил  $1/512$  часть мегабайта. Каков размер алфавита, с помощью которого записано сообщение?

*Решение.* Переведём информационный объём сообщения из мегабайтов в биты. Для этого данную величину умножим дважды на 1024 (получим байты) и один раз — на 8:

$$I = \frac{1}{512} \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8 = 16\,384 \text{ бита.}$$

Поскольку такой объём информации несут  $K = 1024$  символа, то на один символ приходится:

$$i = \frac{I}{K} = \frac{16\,384}{1024} = 16 \text{ (битов).}$$

Отсюда следует, что размер (мощность) использованного алфавита равен  $2^{16} = 65\,536$  символов.

**Старшая школа.** Изучая информатику в 10–11 классах на базовом уровне, можно оставить знания учащихся об объёмном подходе к измерению информации на том же уровне, что описан выше, т. е. в контексте объёма двоичного компьютерного кода.

При изучении информатики на профильном уровне объёмный подход следует рассматривать с более общих математических позиций, с использованием представлений о частотности символов в тексте, о вероятностях и связи вероятностей с информационными весами символов.

Знание этих вопросов оказывается важным для более глубокого понимания различия в использовании равномерного и неравномерного двоичного кодирования информации  $\langle I \rangle$ , для понимания некоторых приёмов сжатия данных и алгоритмов криптографии.

**Пример 4.** В алфавите племени МУМУ всего 4 буквы (А, У, М, К), один знак препинания (точка) и для разделения слов используется пробел. Подсчитали, что в популярном романе «Мумука» содержится всего 10 000 знаков, из них: букв А — 4000, букв У — 1000, букв М — 2000, букв К — 1500, точек — 500, пробелов — 1000. Какой объём информации содержит книга?

*Решение.* Поскольку объём книги достаточно большой, то можно допустить, что вычисленная по ней частота встречаемости в тексте каждо-

го из символов алфавита характерна для любого текста на языке МУМУ. Подсчитаем вероятность появления каждого символа во всём тексте книги и информационные веса символов.

$$A: \frac{4000}{10\,000} = 0,4; \quad i_A = \log_2 \frac{1}{0,4} = 1,321928.$$

$$У: \frac{1000}{10\,000} = 0,1; \quad i_Y = \log_2 \frac{1}{0,1} = 3,1928.$$

$$M: \frac{2000}{10\,000} = 0,2; \quad i_M = \log_2 \frac{1}{0,2} = 2,321928.$$

$$K: \frac{1500}{10\,000} = 0,15; \quad i_K = \log_2 \frac{1}{0,15} = 2,736966.$$

$$\cdot: \frac{500}{10\,000} = 0,05; \quad i_{\cdot} = \log_2 \frac{1}{0,05} = 4,321928.$$

$$\_ : \frac{1000}{10\,000} = 0,1; \quad i_{\_} = \log_2 \frac{1}{0,1} = 3,321928.$$

Общий объём информации в книге вычислим как сумму произведений информационных весов символов на количество этих символов в книге:

$$\begin{aligned} I &= i_A n_A + i_Y n_Y + i_M n_M + i_K n_K + i_{\cdot} n_{\cdot} + i_{\_} n_{\_} = \\ &= 1,321928 \cdot 4000 + 3,1928 \cdot 1000 + \\ &+ 2,321928 \cdot 2000 + 2,736966 \cdot 1500 + \\ &+ 4,321928 \cdot 500 + 3,321928 \cdot 100 = \\ &= 22\,841,84 \text{ (бита)}. \end{aligned}$$

## ИЗМЕРЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ — СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЙ ПОДХОД

С позиции **содержательного подхода** к измерению информации решается вопрос о количестве информации в сообщении, получаемом человеком. **Информация** — это сведения, получаемые человеком из различных сообщений, пополняющие его знания. Следующий вопрос: что такое сообщение? **Сообщение** — это информационный поток (поток данных), который в процессе передачи информации поступает к принимающему его субъекту. Сообщение — это и речь, которую мы слушаем (радиосообщение, объяснение учителя), и воспринимаемые нами зрительные обра-

зы (фильм по телевизору, сигнал светофора), и текст книги, которую мы читаем, и т. д.

**Информативным** назовём сообщение, которое пополняет знания человека, т. е. несёт для него информацию. Для разных людей одно и то же сообщение с точки зрения его информативности может быть разным. Если сведения «старые», т. е. человек это уже знает, или содержание сообщения непонятно человеку, то такие сообщения неинформативны для человека. Информативно то сообщение, которое содержит новые и понятные сведения.

Примеры неинформативных сообщений для ученика 8 класса:

- а) «Столица Франции — Париж» (не новое);
- б) «Коллоидная химия изучает дисперсионные состояния систем, обладающих высокой степенью раздробленности» (непонятное).

Пример информативного сообщения (для тех, кто этого не знал): «Эйфелева башня имеет высоту 300 метров и массу 9000 тонн».

Как определить количество информации в сообщении?

Чем больше первоначальная неопределённость знания, тем больше информации несёт сообщение, снимающее эту неопределённость.

Неопределённость знания — это количество возможных вариантов ответа на интересующий вас вопрос. Ещё можно сказать: возможных исходов события. Событием может быть, например, бросание кубика; тогда исход этого события — выпадение той или иной грани; и т. п.

Рассматривается следующая ситуация:

1) человек получает сообщение об исходе некоторого события; при этом заранее известна неопределённость знания человека об ожидаемом событии. Неопределённость знания может быть выражена либо числом возможных исходов события, либо вероятностями ожидаемых исходов события;

2) в результате получения сообщения неопределённость знания снимается: из некоторого возможного количества исходов оказался выбранным один;

3) по формуле вычисляется количество информации в полученном сообщении, выраженное в битах.

Формула, используемая для вычисления количества информации, зависит от ситуаций, которых может быть две:

1. Все возможные исходы события равновероятны. Их число конечно и равно  $N$ .

2. Вероятности  $p_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) возможных исходов события разные, и они заранее известны. Здесь по-прежнему  $N$  — число возможных исходов события.

## Равновероятные исходы события

Исходы события равновероятны, если ни одно из них не имеет преимущества перед другими. Если обозначить буквой  $i$  количество информа-

ции в сообщении о том, что произошёл один из  $N$  равновероятных исходов события, то величины  $i$  и  $N$  связаны между собой формулой Хартли:

$$2^i = N. \quad (1)$$

Величина  $i$  измеряется в битах. 1 бит — это количество информации в сообщении об одном из двух равновероятных исходов.

Формула Хартли — это показательное уравнение. Если  $i$  — неизвестная величина, то решением уравнения (1) будет:

$$i = \log_2 N. \quad (2)$$

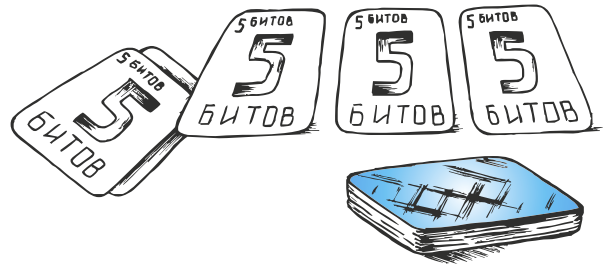
Формулы (1) и (2) тождественны друг другу. Иногда в литературе формулой Хартли называют формулу (2).

**Пример 1.** Какое количество информации содержит сообщение о том, что из колоды в 32 карты достали даму пик?

В перемешанной колоде выпадения карт — равновероятные исходы события. Если  $i$  — количество информации в сообщении о том, что выпала конкретная карта (например, дама пик), то из уравнения Хартли:

$$2^i = 32 = 2^5.$$

Отсюда:  $i = 5$  битов.



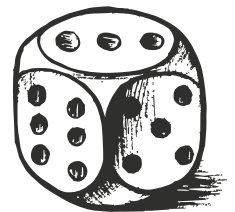
**Пример 2.** Какое количество информации содержит сообщение о выпадении грани с числом 3 на шестигранном игральном кубике?

Считая выпадение грани равновероятными исходами, запишем формулу Хартли:

$$2^i = 6.$$

Отсюда:

$$i = \log_2 6 = 2,58496 \text{ бита.}$$



## Неравновероятные исходы события (вероятностный подход)

Вероятность некоторого исхода события — это величина, которая может принимать значения от нуля до единицы. Вероятность невозможного исхода равна нулю (например: «Завтра Солнце не взойдёт над горизонтом»), вероятность достоверного исхода равна единице (например: «Завтра солнце взойдёт над горизонтом»).

Следующее положение: вероятность некоторого исхода события определяется путём многократных наблюдений (измерений, испытаний). Такие измерения называют статистическими. И чем большее количество измерений выполнено, тем точнее определяется вероятность исхода события.

Математическое определение вероятности звучит так: вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих данному событию, к общему числу всех возможных исходов.

Если вероятность некоторого исхода события равна  $p$ , а  $i$  (битов) — это количество информации в сообщении об этом исходе, то данные величины связаны между собой формулой:

$$2^i = \frac{1}{p}. \quad (3)$$

Решая показательное уравнение (3) относительно  $i$ , получаем формулу Шеннона:

$$i = \log_2 \frac{1}{p}. \quad (4)$$

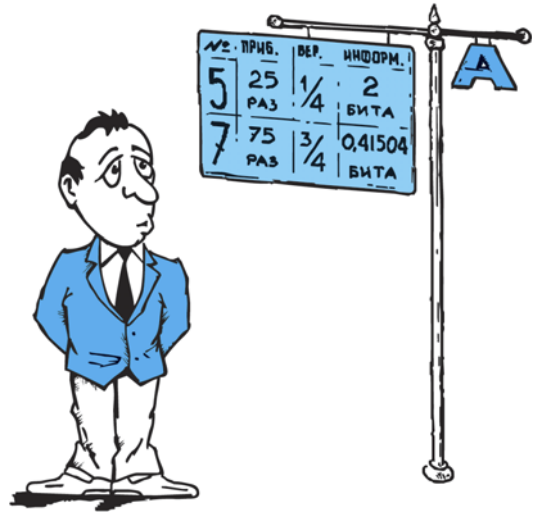
**Пример 3.** На автобусной остановке останавливаются два маршрута автобусов: № 5 и № 7. Ученику дано задание: определить, сколько информации содержит сообщение о том, что к остановке подошёл автобус № 5, и сколько информации в сообщении о том, что подошёл автобус № 7.

Ученик провёл исследование. В течение всего рабочего дня он подсчитал, что к остановке автобусы подходили 100 раз. Из них 25 раз подошёл автобус № 5 и 75 раз — автобус № 7. Сделав предположение, что с такой же частотой автобусы ходят и в другие дни, ученик вычислил вероятность появления на остановке автобуса № 5:

$$p_5 = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}, \text{ и вероятность появления автобуса № 7: } p_7 = \frac{75}{100} = \frac{3}{4}.$$

Отсюда количество информации в сообщении об автобусе № 5 равно  $i_5 = \log_2 4 = 2$  бита. Количество информации в сообщении об автобусе № 7 равно:

$$i_7 = \log_2 \frac{4}{3} = \log_2 4 - \log_2 3 = 2 - 1,58496 = 0,41504 \text{ бита.}$$



Обратите внимание на следующий качественный вывод: чем вероятность исхода события меньше, тем больше количество информации в сообщении о нём. Количество информации о достоверном исходе равно нулю. Например, сообщение «Завтра наступит утро» является достоверным, и его вероятность равна единице. Из формулы (3) следует:  $2^0 = \frac{1}{1} = 1$ . Отсюда  $i = 0$  битов.

Формула Хартли (1) является частным случаем формулы (3). Если имеется  $N$  равновероятных исходов (результат бросания монеты, игрального кубика и т. п.), то вероятность каждого возможного исхода равна  $p = \frac{1}{N}$ . Подставив  $\frac{1}{N}$  в (3), снова получим формулу Хартли:  $2^i = N$ . Если бы в примере 3 автобусы № 5 и № 7 приходили к остановке из 100 раз каждый по 50, то вероятность появления каждого из них была бы равна  $1/2$ . Следовательно, количество информации в сообщении о приходе каждого автобуса было бы равно  $i = \log_2 2 = 1$  бит. Пришли к известной информативности сообщения об одном из двух равновероятных исходов.



**Пример 4.** Рассмотрим другой вариант задачи об автобусах. На остановке останавливаются автобусы № 5 и № 7. Сообщение о том, что к остановке подошёл автобус № 5, несёт 4 бита информации. Вероятность появления на остановке автобуса № 7 в два раза меньше, чем вероятность появления автобуса № 5. Сколько битов информации несёт сообщение о появлении на остановке автобуса № 7?

Запишем условие задачи в следующем виде:

$$i_5 = 4 \text{ бита}, \quad p_5 = 2p_7.$$

Вспомним связь между вероятностью и количеством информации:  $2^i = 1/p$ .

$$\text{Отсюда: } p = 2^{-i}.$$

Подставляя в это равенство данные из условия задачи, получим:

$$2^{-i_5} = 2 \cdot 2^{-i_7}; \quad 2^{-4} = 2 \cdot 2^{-i_7} = 2^{1-i_7}.$$

$$\text{Отсюда: } i_7 - 1 = 4; \quad i_7 = 5 \text{ битов.}$$

Из полученного результата следует вывод: уменьшение вероятности события в 2 раза увеличивает информативность сообщения о нём на 1 бит. Очевидно и обратное правило: увеличение вероятности исхода события в 2 раза уменьшает информативность сообщения о нём на 1 бит. Зная эти правила, рассмотренную в примере 4 задачу можно было решить «в уме».

## Методические рекомендации

Обсуждение связи между количеством информации в сообщении и его содержанием может происходить на разных уровнях глубины.

**Качественный подход.** Качественный подход, который может использоваться на уровне пропедевтики основного курса информатики (5–6 классы) или в основном курсе (7–9 классы).

На данном уровне изучения обсуждается следующая цепочка понятий: информация — сообщение — информативность сообщения.

Вопрос об информативности сообщения следует обсуждать на примерах, предлагаемых учителем и учениками.

Введение понятия «информативность сообщения» является первым этапом изучения вопроса об измерении информации в рамках содержательного подхода. Если сообщение неинформативно для человека, то количество информации в нём, с точки зрения этого человека, равно нулю. Количество информации в информативном сообщении больше нуля.

**Количественный подход в предположении равной вероятности.** Данный подход может изучаться либо в углублённом варианте основного курса (7–9 классы), либо при изучении информатики в 10–11 классах на базовом уровне. Рассматривается следующая цепочка понятий: равновероятные исходы события — неопределённость знания — бит как единица измерения информации — формула Хартли — решение показательного уравнения для  $N$ , равного целым степеням двойки.

Раскрывая понятие равной вероятности, следует отталкиваться от интуитивного представления детей, подкрепив его примерами. События равновероятны, если ни одно из них не имеет преимущества перед другими.

Введя частное определение бита (количество информации в сообщении об одном из двух равновероятных исходов события), затем его следует обобщить: сообщение, уменьшающее неопределённость знания в 2 раза, несёт 1 бит информации.

Это определение подкрепляется примерами сообщений об одном исходе события из четырёх (2 бита), из восьми (3 бита) и т. д.

На данном уровне можно не обсуждать варианты значений  $N$ , не равные целым степеням двойки, чтобы не сталкиваться с проблемой вычисления логарифмов, которые в курсе математики пока не изучались. Если же у детей будут возникать вопросы, например: «Какое количество информации несёт сообщение о результате бросания шестигранного кубика?», то объяснение можно построить следующим образом. Из уравнения Хартли:  $2^i = 6$ . Поскольку  $2^2 < 6 < 2^3$ , постольку  $2 < i < 3$ . Затем сообщить более точное значение (с точностью до пяти знаков после запятой), что  $i = 2,58496$  бита. Отметить, что при данном подходе количество информации может быть выражено дробной величиной.

**Вероятностный подход.** Он может изучаться в 10–11 классах в рамках углублённого уровня или в элективном курсе, посвящённом математическим основам информатики. Здесь должно быть введено математически корректное определение вероятности. Кроме того, ученики

должны знать функцию логарифм и её свойства, уметь решать показательные уравнения.

Вводя понятие вероятности, следует сообщить, что вероятность некоторого исхода события — это величина, которая может принимать значения от нуля до единицы. Вероятность невозможного исхода равна нулю, вероятность достоверного исхода равна единице.

Следующее положение: вероятность некоторого исхода события определяется путём многократных наблюдений (измерений, испытаний). Такие измерения называют статистическими. И чем боль-

шее количество измерений выполнено, тем точнее определяется вероятность исхода события.

Математическое определение вероятности звучит так: вероятность равна отношению числа исходов, благоприятствующих данному событию, к общему числу всех возможных исходов.

Следует обратить внимание на качественный вывод: чем вероятность исхода события меньше, тем больше количество информации в сообщении о нём.

Надо также показать связь между формулами Шеннона и Хартли.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Предметом изучения науки информатики являются **информация** и **информационные процессы**. Как нет единственного общепринятого определения *информации*(I), так же нет единства и в трактовке понятия «информационные процессы».

Подойдём к осмыслению этого понятия с терминологической позиции. Слово «процесс» обозначает некоторое событие, происходящее во времени: процесс роста живого организма, производственный процесс, учебный процесс, судебный процесс, процесс нефтеперегонки, процесс горения топлива, процесс полёта космического корабля и т. д. Всякий процесс связан с какими-то действиями, выполняемыми человеком, силами природы, техническими устройствами, а также вследствие их взаимодействия.

У всякого процесса есть **объект воздействия**: ученики, нефть, горючее, космический корабль и т. д. Если процесс связан с целенаправленной деятельностью человека, то такого человека можно назвать **исполнителем процесса**: учитель, судья, космонавт и т. д. Если процесс осуществляется с помощью автоматического устройства, то оно является исполнителем процесса: химический реактор, автоматическая космическая станция. Очевидно, что в **информационных процессах** объектом воздействия является информация. В учебном пособии [7] даётся такое определение: «В наиболее общем виде информационный процесс определяется как совокупность последовательных действий (операций), производимых над информацией (в виде данных, сведений, фактов, идей, гипотез, теорий и пр.)

для получения какого-либо результата (достижения цели)».

Дальнейший анализ понятия «информационные процессы» зависит от подхода к понятию *информации*(I), от ответа на вопрос «Что такое информация?». Если принять атрибутивную точку зрения на информацию, то следует признать, что информационные процессы происходят как в живой, так и в неживой природе, например в результате физического взаимодействия между Землёй и Солнцем, между электронами и ядром атома, между океаном и атмосферой. С позиции функциональной концепции (см. *Информация*(I)) информационные процессы происходят в живых организмах (растениях, животных) и при их взаимодействии.

С антропоцентрической точки зрения (см. *Информация*(I)), исполнителем информационных процессов является человек. Информационные процессы являются функцией человеческого сознания (мышления, интеллекта). Человек может осуществлять их самостоятельно, а также с помощью созданных им орудий информационной деятельности.

Любая, сколь угодно сложная информационная деятельность человека сводится к трём основным видам действий с информацией: сохранению, приёму/передаче, обработке. Обычно вместо «приём/передача» говорят просто «передача», понимая этот процесс как двусторонний: передача от источника к приёмнику (синоним — «транспортировка»).



[ . . . ]

# ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКИ

Энциклопедия предназначена для широкого круга читателей. Каждый найдёт в ней материал согласно своим интересам и склонностям.

## Вы учащийся школы?

Тогда эта книга точно для Вас!

Это качественный материал для пополнения Ваших знаний, для расширения кругозора. Вас ждут новые открытия! Кроме того, теперь у Вас появился отличный помощник в составлении докладов, рефератов и в подготовке к сдаче ОГЭ и ЕГЭ.

## Вы учитель?

В таком случае без этой книги Вам не обойтись!

На её страницах Вам открываются секреты преподавания тем курса, даются полезные советы, расставляются акценты. И это как для основной, так и для старшей школы.

## Вы любознательный человек, открытый для новых технологий и взглядов?

Эта книга, безусловно, для Вас!

С её помощью Вы можете совершать путешествия в увлекательный мир информатики. То, что раньше казалось сложным и предназначенным только для «профи», становится Вашим. Глубокие и значимые вещи изложены доступным, занимательным языком.

Энциклопедия создана для Вас дружным коллективом авторов – опытных специалистов в этой замечательной науке – информатике, в теории и методике преподавания информатики и творческим коллективом издательства «БИНОМ. Лаборатория знаний».