

# Вопросы по предыдущим лекциям

- 1) Дайте определение надежности.
- 2) Сколько независимых источников требуется для питания потребителей:
  - 3 категории;
  - 2 категории;
  - 1 категории;
  - особой группы 1 категории?

# Вопросы по предыдущей лекции

3) На какое время допускается обесточивание потребителей:

- 3 категории;
- 2 категории;
- 1 категории;
- особой группы 1 категории?

# Вопросы по предыдущей лекции

4) К каким последствиям приводит нарушение электроснабжения потребителей:

- 3 категории;
- 2 категории;
- 1 категории;
- особой группы 1 категории?

# Вопросы по предыдущей лекции

- 5) Перечислите свойства, характеризующие надежность объектов в технике.
- 6) Перечислите свойства, характеризующие надежность объектов энергетики.
- 7) Что такое предельное состояние.
- 8) Что такое отказ?
- 9) Что такое зависимый простой?

# 4. События, характеризующие надежность объектов энергетики

- 1) Отказ работоспособности
- 2) Отказ функционирования
- 3) Авария
- 4) Восстановление

# 1.4. События, характеризующие надежность объектов

## энергетики

- 1) **Отказ работоспособности** – переход объекта на более низкий уровень работоспособности;
- 2) **Отказ функционирования** – переход объекта на более низкий уровень функционирования;

Для объектов, функционирующих не непрерывно **отказы функционирования**

## 2) Отказы функционирования:

- **Отказ срабатывания** – отказ функционирования, заключающийся в невыполнении объектом требуемого срабатывания;
- **Ложное срабатывание** – отказ функционирования, заключающийся в срабатывании объекта при отсутствии требования срабатывания
- **Излишнее срабатывание** – отказ функционирования, заключающийся в срабатывании объекта при требовании срабатывания других объектов и отсутствии требования срабатывания данного объекта

# События, характеризующие надежность объектов энергетики

- 3) **Авария** – переход объекта на существенно более низкий уровень работоспособности (или функционирования) с серьёзным нарушением режима работы объекта.
  
- 4) **Восстановление** – повышение уровня работоспособности (или функционирования), которое осуществляется в результате:
  - а) аварийного, планового, внепланового ремонта;
  - б) профилактического обслуживания.



# Классификация отказов

Отказы



Полные	Частичные
Внезапные	Постепенные
Независимые	Зависимые
Устойчивые	Самоустраняющиеся

# 1.5. Средства обеспечения надежности объектов энергетики

- 1) **Резервирование** – повышение надежности объекта введением избыточности;
- 2) **Техническое обслуживание** – работы для поддержания исправности или работоспособности объекта при подготовке к использованию по назначению;
- 3) **Ремонт** – работы для поддержания или восстановления исправности или работоспособности объекта;
- 4) **Техническая диагностика** – контроль за уровнем работоспособности;
- 5) **Диспетчерское управление** (ручное и автоматическое) – управление режимом энергосистемы и входящих в неё энергетических объектов, осуществляемое в процессе производства, преобразования и распределения электроэнергии;
- 6) **Релейная защита и автоматика.**

# Виды резервирования

- 1) Структурное
- 2) Функциональное
- 3) Временное
- 4) Информационное
- 5) Постоянное (неявное)
- 6) Замещением (явное)

# Виды резервирования

- 1) **Структурное** – использование избыточных элементов структуры.
- 2) **Функциональное** – использование способности элементов выполнять дополнительные функции.
- 3) **Временное** – использование избыточного времени, когда системе предоставляется дополнительное время для решения задачи.

# Виды резервирования

- 4) **Информационное** – использование избыточной информации.
- 5) **Постоянное** (неявное) – когда резервный элемент предварительно нагружен, а при отказе резервируемого элемента система продолжает выполнять требуемые функции без переключений.
- 6) **Замещением** (явное) – когда функции резервируемого элемента передаются резервному только после отказа

Постоянное  
(неявное)

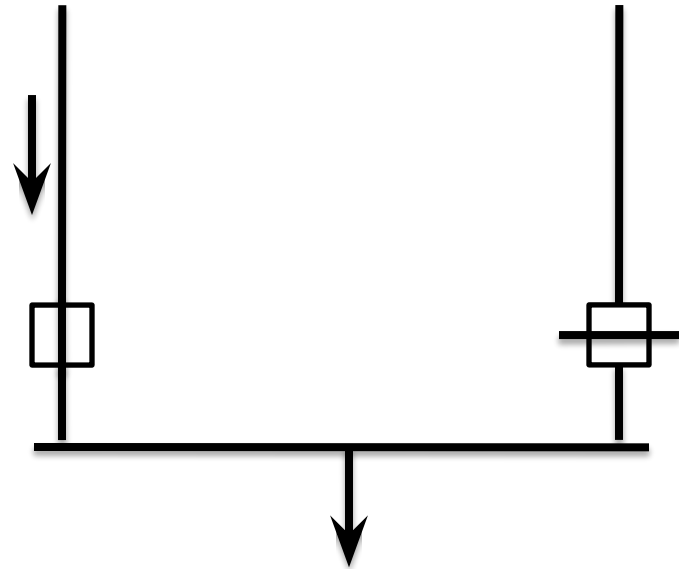
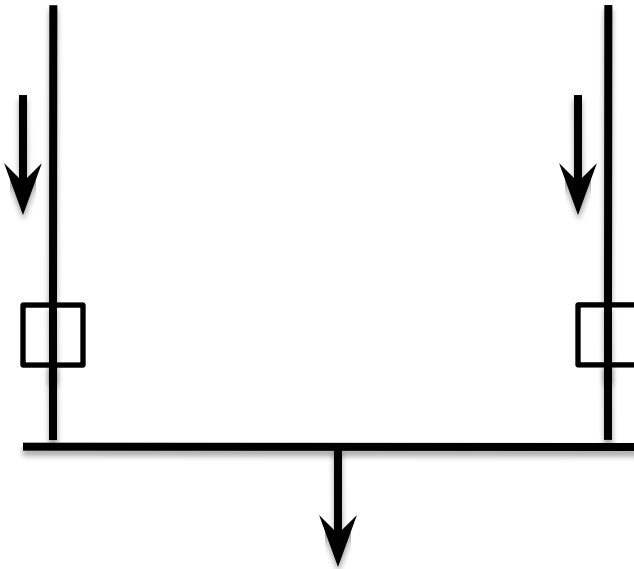
Замещением  
(явное)

Рабочий  
источник

Рабочий  
источник

Рабочий  
источник

Резервный  
источник



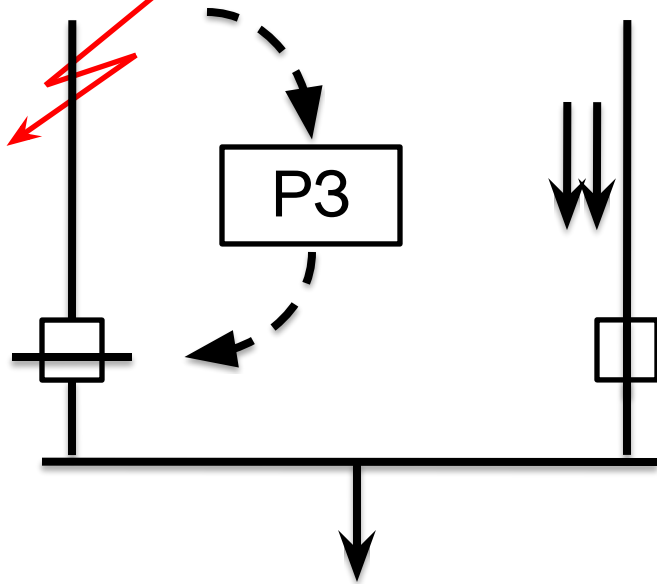
Потребитель

Потребитель

**Нормальный режим**

# Постоянное (неявное)

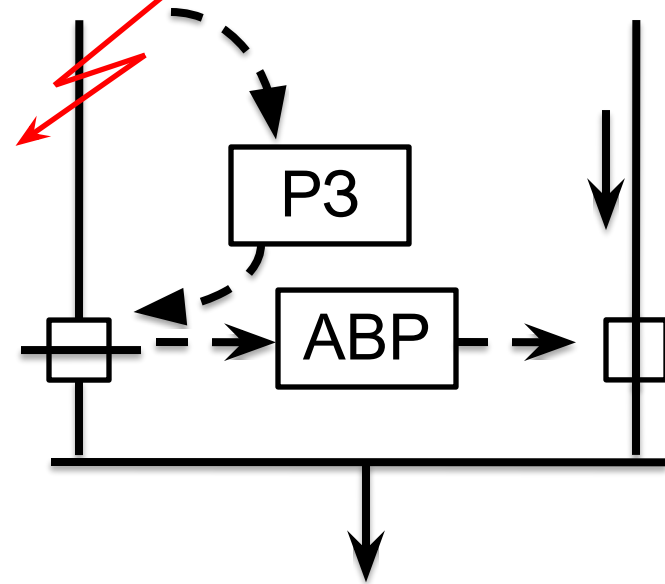
Рабочий  
источник



Потребитель

# Замещением (явное)

Рабочий  
источник



Потребитель

**Аварийный режим**

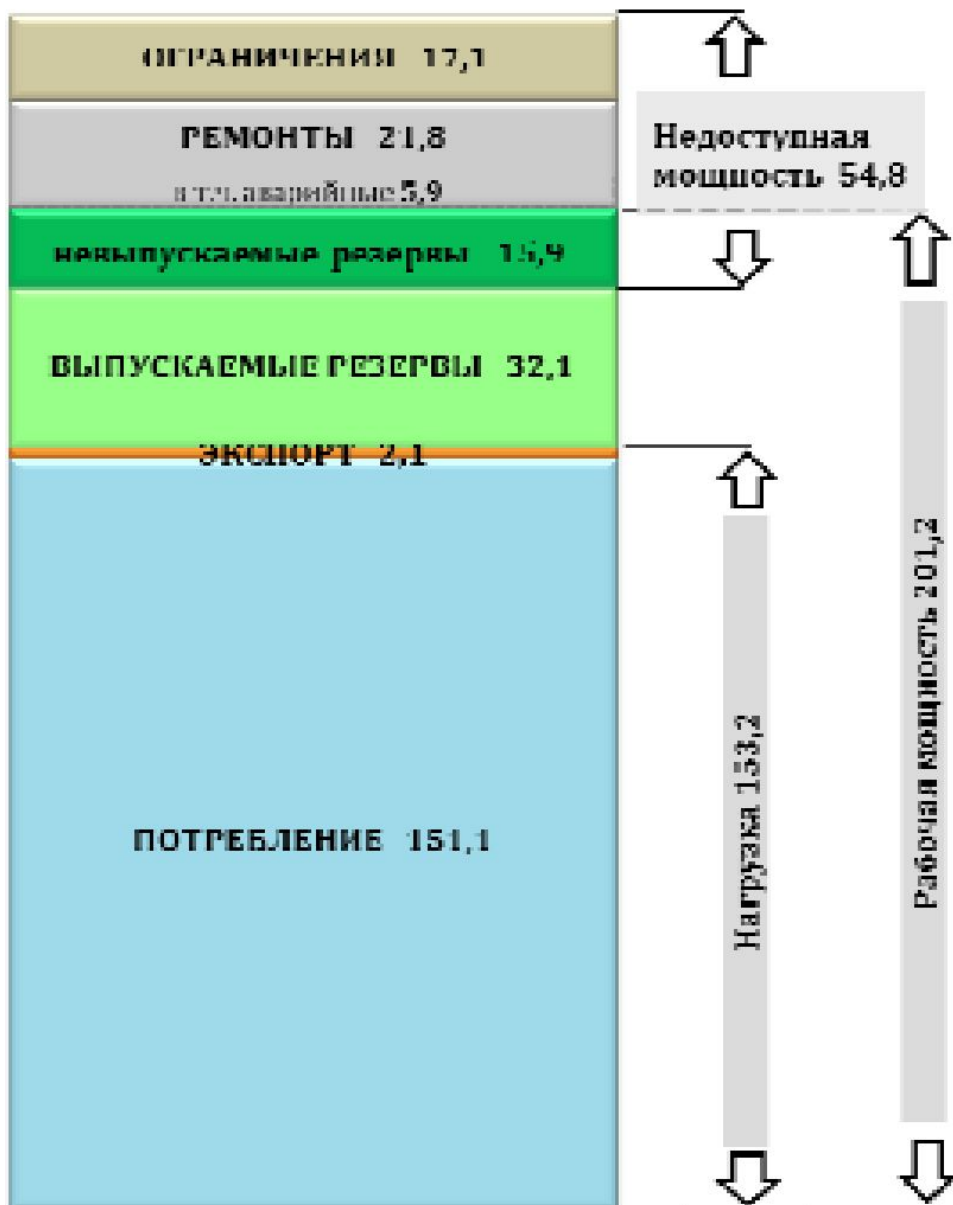
# Виды резервов

- Ремонтный – для восполнения вывода в плановый ремонт;
- Оперативный – для компенсации небаланса между генерируемой и потребляемой мощностями;
- Аварийный – для восполнения аварийного выхода из строя;
- Нагрузочный – для восприятия случайных колебаний нагрузки;
- Эксплуатационный (= номинальная мощность минус текущая)



20.12.2016

**Руст = 238,0**



Баланс мощности в день максимума нагрузки в 2016 году:

**Руст = 238 ГВт;**

Ограничения: 17,1 ГВт;

Авар. и внеплан. рем.: 5,9 ГВт;

Плановые ремонты: 15,9 ГВт;

Резерв: 48 ГВт;

Экспорт: 2,1 ГВт;

**Потребление: 151,1 ГВт**

# Анализ видов, последствий и критичности отказов

ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике.

Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.

связывает:

- тяжесть последствий отказов;
- ожидаемую частоту возникновения отказа;
- требуемую глубину анализа отказа.

# Категории тяжести последствий отказов по критичности

Категория отказа	Тяжесть последствий
Катастрофический отказ	Отказ, который быстро и с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для самого объекта и/или окружающей среды, гибель или тяжелые травмы людей, срыв выполнения поставленной задачи
Критический отказ	Отказ, который быстро и с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для самого объекта и/или окружающей среды, срыв выполнения поставленной задачи, но не создает угрозы жизни и здоровью людей
Некритический отказ	Отказ, который может повлечь задержку выполнения задачи, снижение готовности и эффективности объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и здоровья людей.
Отказ с пренебрежимо малыми последствиями	Отказ, который может повлечь снижение качества функционирования объекта, но не представляет опасности для окружающей среды, самого объекта и

# Категории тяжести последствий отказов по критичности

Категория отказа	Ущерб для объекта	Угроза для человека	Угроза для окр. среды	Выполняемая задача
Катастрофический отказ	Есть	Есть	Есть	Срыв
Критический отказ	Есть	Нет	Есть	Срыв
Некритический отказ	Нет	Нет	Нет	Задержка
Отказ с пренебрежимо малыми последствиями	Нет	Нет	Нет	Снижение качества

# Ранги отказов по требуемой глубине анализа

A	обязателен углубленный количественный анализ
B	желателен количественный анализ
C	можно ограничиться качественным анализом
D	анализ не требуется

# Матрица «Вероятность отказа – тяжесть последствия»

Ожидаемая частота возникновения	Катастрофический отказ	Критический отказ	Некритический отказ	Пренебрежимо малые последствия
Частый отказ	A	A	A	C
Вероятный отказ	A	A	B	C
Возможный отказ	A	B	B	D
Редкий отказ	A	B	C	D
Практически невероятный	B	C	C	D

# Глава 2. Элементы теории вероятности

## 2.1. Множества

Множество – совокупность элементов

$$A = \{a_1; a_2; \dots ; a_n\}$$

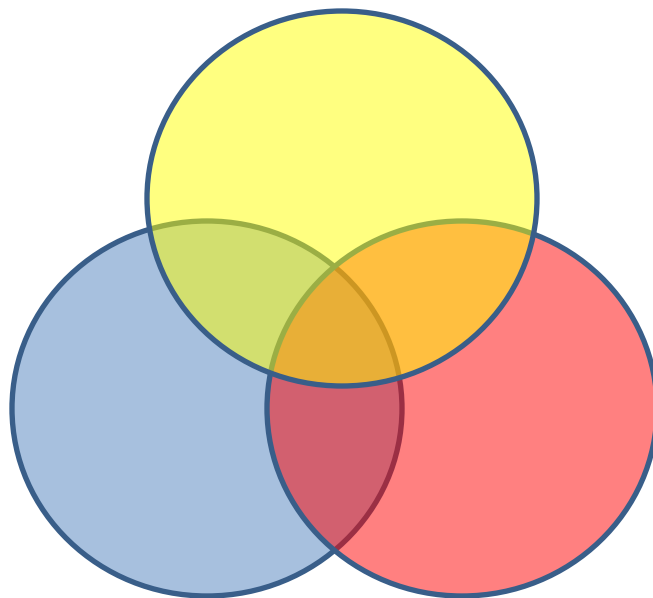
Если  $n = 0$ , то это пустое множество.

Если  $n = \infty$ , то это бесконечное множество.

# Соотношения между множествами

Соотношения между множествами определяются наличием или отсутствием общих элементов.

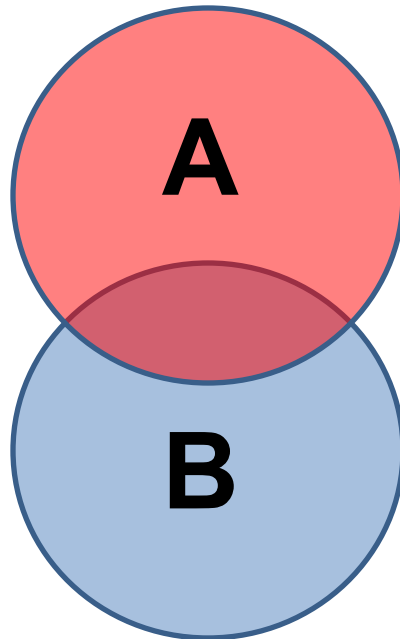
Диаграммы Эйлера-Венна:





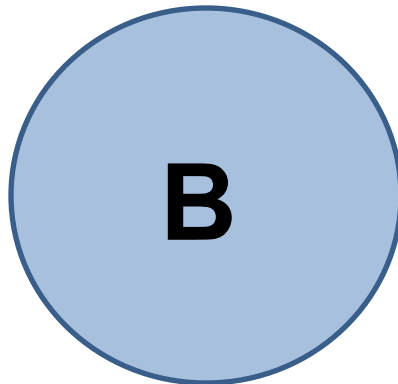
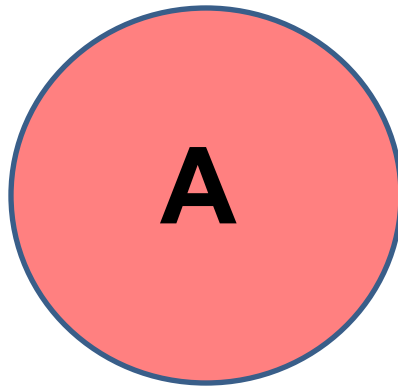
1) A и B имеют общие элементы, но каждое множество имеет элементы, которые не принадлежат другому множеству.

**Множества пересекаются.**



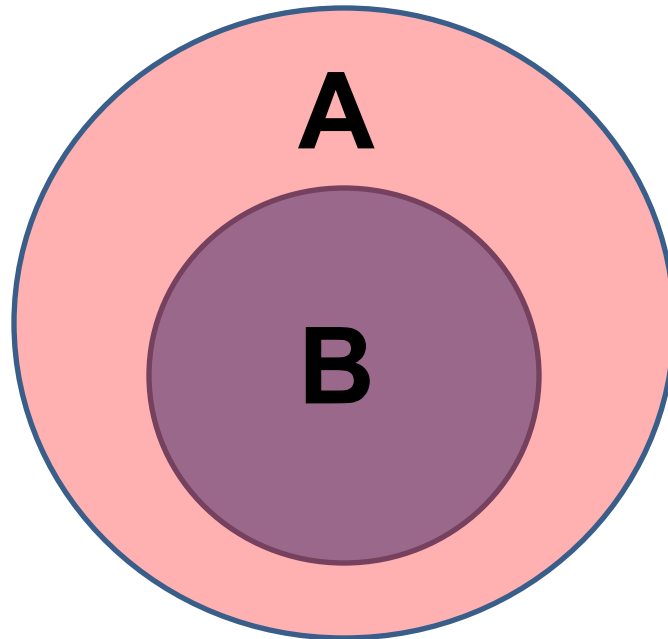
2) А и В не имеют общих элементов.

**Множества не пересекаются.**



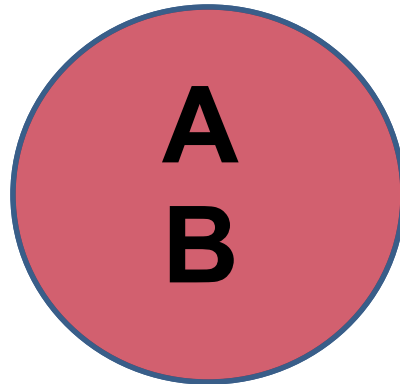
3) Все элементы множества В являются элементами множества А. Но существуют такие элементы множества А, которые не являются элементами множества В.

**Множество В является подмножеством А.**



4) Все элементы множества  $A$  являются элементами множества  $B$ . И наоборот.

**Множества  $A$  и  $B$  совпадают.**



# Операции над множествами

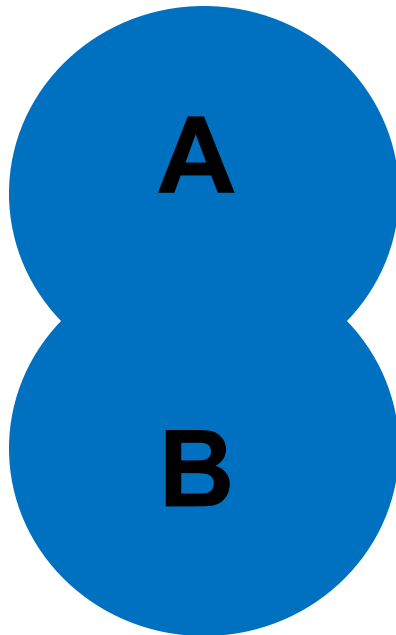
- а) Объединение
- б) Пересечение
- в) Разность
- г) Дополнение

## а) Объединение

Объединение множеств  $A$  и  $B$  – это такое множество  $C$ , которое содержит все элементы множеств  $A$  и  $B$ .

$$C = A \cup B$$

$$C = A + B$$



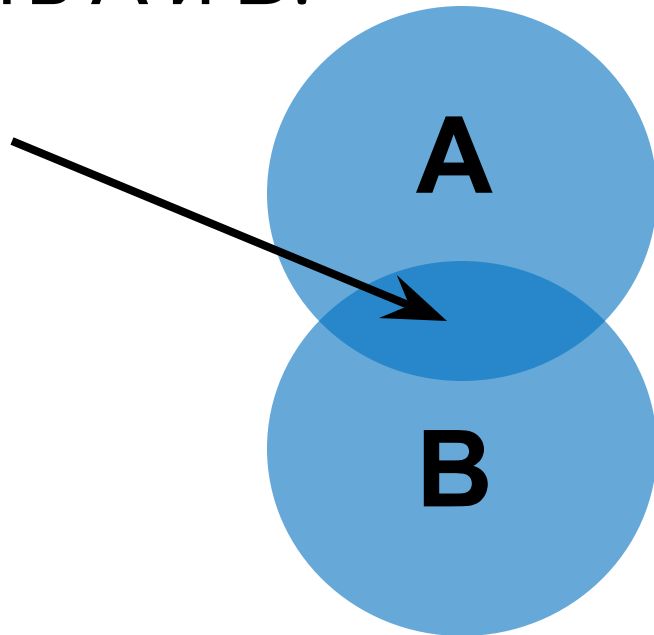
## б) Пересечение

Пересечение множеств  $A$  и  $B$  – это такое множество  $C$ , которое содержит элементы, являющиеся общими для множеств  $A$  и  $B$ .

$$C = A \cap B$$

$$C = A \cdot B$$

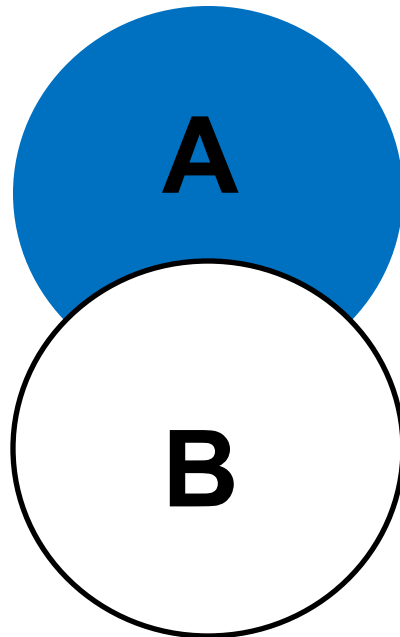
$$C = AB$$



## в) Разность

Разность множеств  $A$  и  $B$  – это такое множество  $C$ , которое содержит те элементы множества  $A$ , которые не являются элементами множества  $B$ .

$$C = A \setminus B$$



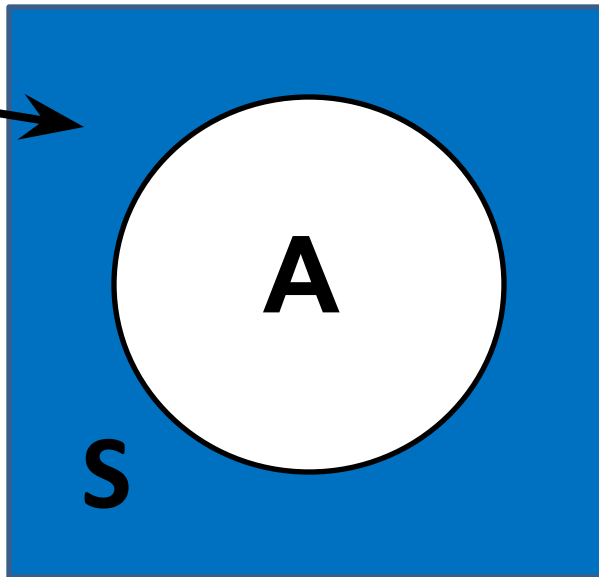


## г) Дополнение

Дополнение множества  $A$  – это такое множество  $C$ , которое содержит все элементы, не являющиеся элементами множества  $A$ .

$$C = \overline{A}$$

$$C = S \setminus A$$



$S$  – множество всех элементов

# Свойства операций над множествами

1.  $(A + B) + B =$

# Свойства операций над множествами

1.  $(A + B) + B = A + B$

# Свойства операций над множествами

2.  $(A \cdot B) \cdot B =$

# Свойства операций над множествами

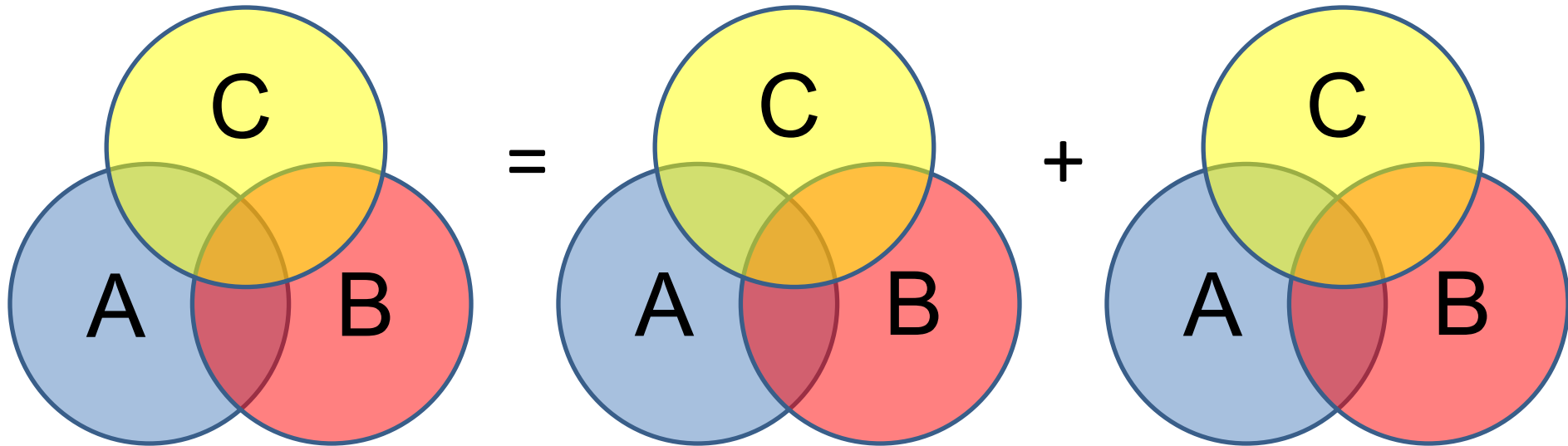
$$2. (A \cdot B) \cdot B = A \cdot B$$

(1),(2) => а) Добавление одного из множеств не меняет выражения.

б) Логические уравнения нельзя «сокращать».

# Свойства операций над множествами

3.  $(A + B) \cdot C =$

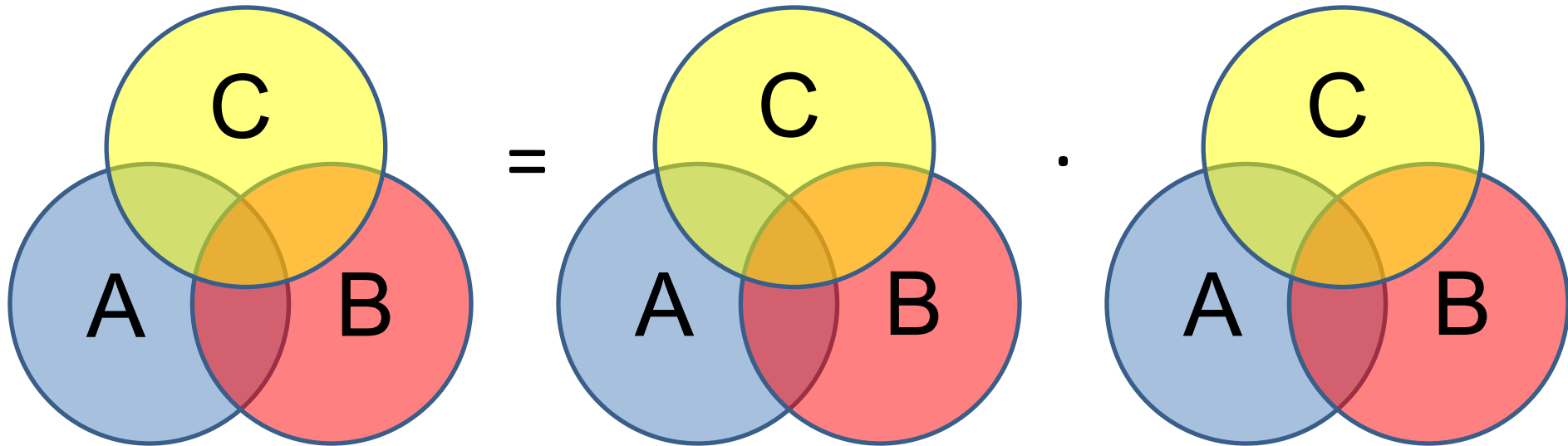


# Свойства операций над множествами

$$3. (A + B) \cdot C = A \cdot C + B \cdot C$$

# Свойства операций над множествами

$$4. A \cdot B + C =$$





# Свойства операций над множествами

$$4. A \cdot B + C = (A + C) \cdot (B + C)$$

# Свойства операций над множествами

$$5. A \setminus B + B =$$

$$(A \setminus B) \cdot B =$$

# Свойства операций над множествами

$$5. A \setminus B + B = A + B$$

$$(A \setminus B) \cdot B = 0$$

# Свойства операций над множествами

$$6. A + \bar{A} =$$

$$A \cdot \bar{A} =$$

# Свойства операций над множествами

$$6. A + \bar{A} = S$$

$$A \cdot \bar{A} = 0$$

# Свойства операций над множествами

$$7. \overline{A + B} =$$

$$A + B =$$

# Свойства операций над множествами

$$7. \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$A + B = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$$

# Свойства операций над множествами

$$8. \overline{A \cdot B} =$$

$$A \cdot B =$$



# Свойства операций над множествами

$$8. \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$A \cdot B = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$$

## 2.2. События

- Каждое испытание приводит к некоторому исходу.
- Множество всех возможных исходов – пространство элементарных событий  $S$ .
- Событие – подмножество множества  $S$ , включающее в себя все исходы, удовлетворяющие некоторому критерию.

# Пример

Бросаем 2 кубика.

$$S = \{1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 2,1; \dots; 6,5; 6,6\}$$

**C1 – событие, когда сумма равна 8.**

$$C1 = \{2,6; 3,5; 4,4; 5,3; 6,2\}$$

**C2 – событие, когда на кубиках одинаковые числа.**

$$C2 = \{1,1; 2,2; 3,3; 4,4; 5,5; 6,6\}$$

$$C1 \cdot C2 = \{4,4\} \neq \emptyset$$

**C1 и C2 – совместные события**

$$C1 + C2 = \{1,1; 2,2; 2,6; 3,3; 3,5; 4,4; 5,3; 5,5; 6,2; 6,6\}$$

**C3 – событие, когда сумма равна 7.**

$$C3 = \{1,6; 2,5; 3,4; 4,3; 5,2; 6,1\}$$

$$C2 \cdot C3 = \emptyset$$

**C2, C3 – несовместные события**

- Достоверное событие – событие, которое обязательно произойдёт (U).
- Невозможное событие – событие, которое не может произойти (V).
- Случайное событие – событие, которое может произойти, а может не произойти.

- Если  $C1 \cdot C2 = V$ , то события несовместны.
- Если  $C1 \cdot C2 \neq V$ , то события совместны.
- Если  $C1 \cdot C2 = V$  и  $C1 + C2 = S$ , то события противоположны.
- Противоположными называются 2 несовместных события, образующие полную группу случайных событий.

# Полная группа событий (ПГС)

- ПГС – это такая группа случайных событий, что в результате опыта произойдёт хотя бы одно из них.
- Замечание. В ПГС могут присутствовать как несовместные, так и совместные события.

# Полная группа событий (ПГС)

- Например, при бросании кубика обязательно произойдет одно из следующих событий:
  - $S_1$  – число  $\leq 3$
  - $S_2$  – число  $\geq 5$
  - $S_3$  – чётное число

# Группа гипотез

- Группа гипотез – это такая ПГС, что в результате опыта произойдёт одно и только одно из событий.
- Замечание:
  - 1) По сути группа гипотез – это полная группа несовместных событий.
  - 2) Гипотезы не обязательно равновозможны.



# Пример

- $\Gamma_1$  – число  $\leq 2$
- $\Gamma_2$  – число  $\geq 3$

- Гипотезы называются равновозможными, если нет оснований считать, что одна из них является более возможной, чем другая.