СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

АСИНХРОННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Синхронное программирование =

последовательное выполнение инструкций с синхронными системными вызовами, которые полностью блокируют поток выполнения, пока системная операция (например, чтение с диска) не завершится.

JavaScript – это синхронный однопоточный язык

```
function a() { console.log( 'result of a()' ); }

function b() { console.log( 'result of b()' ); }

function c() { console.log( 'result of c()' ); }

a();
console.log('a() is done!');

b();
console.log('b() is done!');

c();
console.log('c() is done!');
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-01.js
result of a()
a() is done!
result of b()
b() is done!
result of c()
c() is done!
```

Асинхронное программирование =

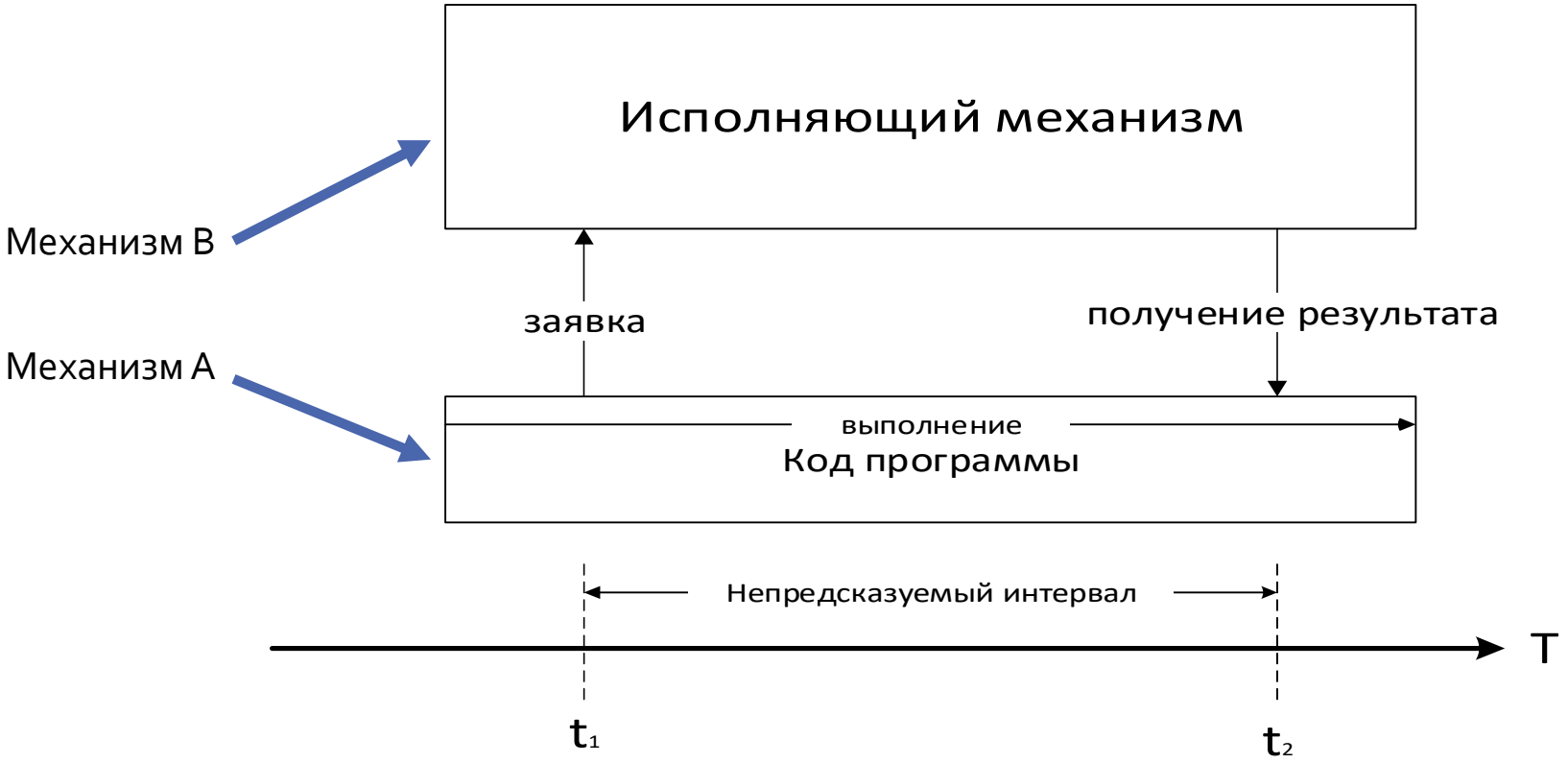
выполнение процесса в неблокирующем режиме системного вызова, что позволяет потоку программы продолжить обработку.

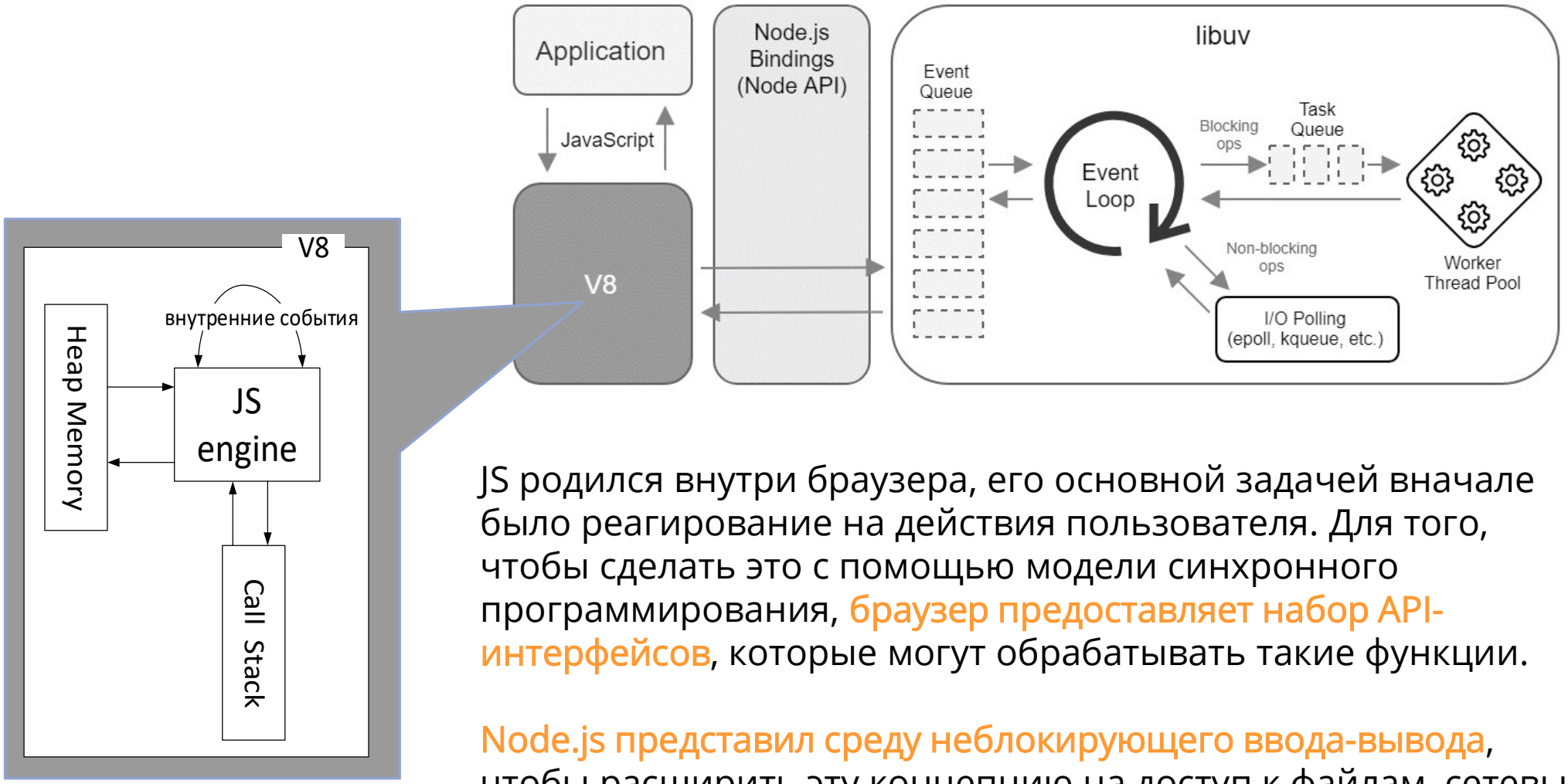
Асинхронность =

операция называется асинхронной, если ее выполнение осуществляется в 2 фазы:

1) заявка на исполнение;
2) получение результата; при этом участвуют два механизма: А-механизм, формирующий заявку и потом получающий результат; В-механизм, получающий заявку от А, исполняющий операцию и отправляющий результат А; продолжительность исполнения операции В-механизмом, как правило, непредсказуемо; в то время пока В-механизм исполняет операцию, А-механизм выполняет собственную работу.

Асинхронность в программировании





JS родился внутри браузера, его основной задачей вначале было реагирование на действия пользователя. Для того, чтобы сделать это с помощью модели синхронного программирования, браузер предоставляет набор API-интерфейсов, которые могут обрабатывать такие функции.

Node.js представил среду неблокирующего ввода-вывода, чтобы расширить эту концепцию на доступ к файлам, сетевые вызовы и так далее.

```
function a() {
    setTimeout( function() {
        console.log( 'result of a()' );
    }, 1000 );
}

function b() {
    setTimeout( function() {
        console.log( 'result of b()' );
    }, 500 );
}

function c() {
    setTimeout( function() {
        console.log( 'result of c()' );
    }, 1200 );
}

a();
console.log('a() is done!');

b();
console.log('b() is done!');

c();
console.log('c() is done!');
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node 03-02.js
a() is done!
b() is done!
c() is done!
result of b()
result of a()
result of c()
```

Функция setTimeout(callback, delay) – глобальная функция, которая принимает функцию обратного вызова и временно сохраняет ее. По истечении времени, заданного в миллисекундах, функция обратного вызова помещается в очередь коллбэков (callback queue). Затем event loop перемещает эту функцию в стек вызовов (call stack), когда стек пуст. После этого осуществляется выполнение функции обратного вызова.

В основном так работают все асинхронные операции.

Как сделать так, чтобы результат был таким?

```
result of b()
b() is done!
result of a()
a() is done!
result of c()
c() is done!
```

Асинхронное программирование в JS

- Callbacks
- Promises (>callbacks)
- Async/await (> promises > callbacks)
- Async.js (> callbacks)
- Generators/yield
- Events (>observable > callbacks)
- Functor + chaining + composition
- For await + Symbol.asyncIterator

Callback
(функция обратного вызова) =

функция, которая передается в качестве параметра другой функции и которая будет вызвана асинхронно обработчиком событий после завершения задачи.

```
function a(callback) {
    setTimeout( () => {
        console.log( 'result of a()' );
        callback();
    }, 1000 );
}

function b(callback) {
    setTimeout( () => {
        console.log( 'result of b()' );
        callback();
    }, 500 );
}

function c(callback) {
    setTimeout( () => {
        console.log( 'result of c()' );
        callback();
    }, 1200 );
}

a( () => console.log('a() is done!') );
b( () => console.log('b() is done!') );
c( () => console.log('c() is done!') );
```

Callbacks

Callback должен идти последним параметром в функцию.

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node 03-06.js
result of b()
b() is done!
result of a()
a() is done!
result of c()
c() is done!
```

Node.js callback style

Первым параметром в любой функции обратного вызова является объект ошибки. Если ошибки нет, объект равен нулю. Если есть ошибка, он содержит некоторое описание ошибки и другую информацию. Вторым, третьим, четвертым и др. идут данные, результат.

```
function callback(error, data) {
  if (error) {
    // обрабатываем ошибку
  } else {
    // обрабатываем данные
  }
}
```

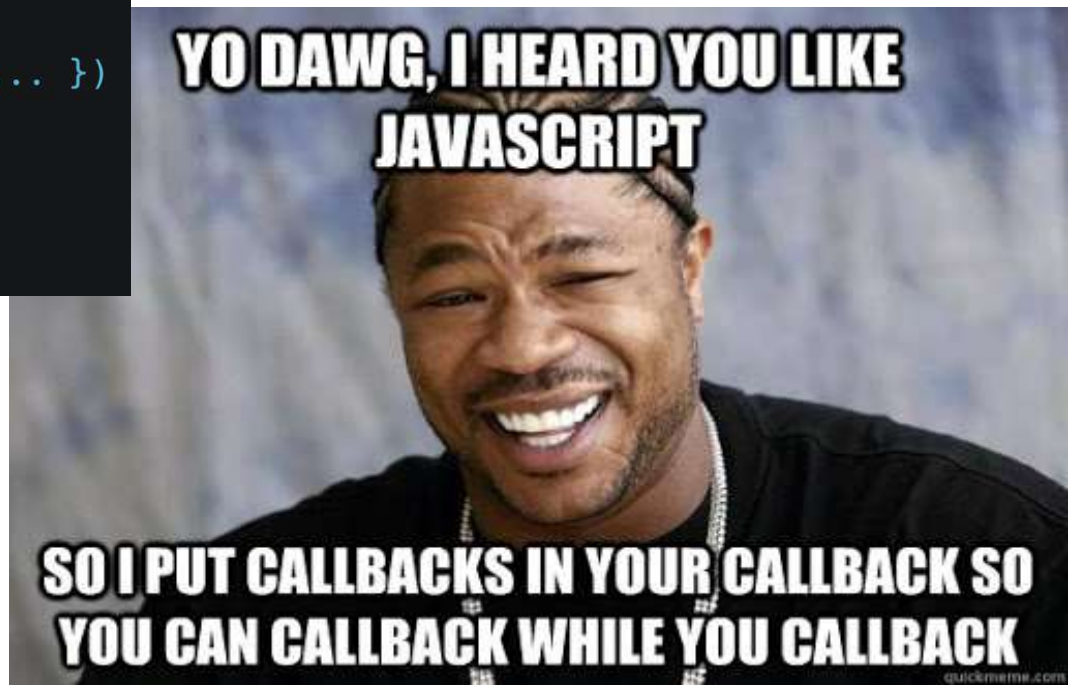
```
fs.readFile('/file.json', (err, data) => {
    if (err !== null) {
        // обрабатываем ошибку
        console.log(err);
        return;
    }
    // ошибок нет, обрабатываем данные
    console.log(data);
})
```

Callbacks

+ повторное использование кода;
+ изменение функциональности без изменения метода;
+ создание цепочек вызовов;
- падение производительности;
- ухудшение читаемости.

Callback hell, pyramid of doom

```
function printAll(){
    printString("A", () => {
        printString("B", () => {
            printString("C", () => {
                    printString("D", () => { ... })
            })
    })
}
printAll();
```



Решение callback hell

```
fs.readdir(dir, (err, files) => {
  if (err) {
    // ...
  }

  files.forEach((name) => {
    if (!isImage(name)) return;

    fs.readFile(name, (err, image) => {
      if (err) {
        // ...
      }

      compress(image, (err, comp) => {
        fs.writeFile(name, comp, (err) =>{
          if (err) {
            // ...
          }
          else {
            // ...
          }
        });
      });
    });
  });
});
```

1. Разбивать код на функции

```
function processFiles(err, files) {
  if (err) {
    // ...
  }
  files.forEach(checkFile);
}

function checkFile(name) {
  if (!isImage(name)) return;
  fs.readFile(name, compressImage(name));
}

function compressImage(name) {
  return (err, image) => {
    if (err) {
      // ...
    }
    compress(file, rewriteImage(name));
  }
}

function rewriteImage(name) {
  return (err, image) => {
    fs.writeFile(name, image, finishCompress);
  }
}

function finishCompress(err) {
  if (err) {
    // ...
  }
  else {
    // ...
  }
}

fs.readdir(dir, processFiles);
```

Решение callback hell

```
fs.readdir(dir, (err, files) => {
  if (err) {
    // ...
  }

  files.forEach((name) => {
    if (!isImage(name)) return;

    fs.readFile(name, (err, image) => {
      if (err) {
        // ...
      }

      compress(image, (err, comp) => {
        fs.writeFile(name, comp, (err) =>{
          if (err) {
            // ...
          }
          else {
            // ...
          }
        });
      });
    });
  });
});
```

2. Разбитие на модули

```
function processFiles(err, files) {
  if (err) { }
  files.forEach(checkFile);
}

function checkFile(name) {
  if (!isImage(name)) return;
  fs.readFile(name, compressImage(name));
}

function compressImage(name) {
  return (err, image) => {
    if (err) { }
    compress(file, rewriteImage(name));
  }
}

function rewriteImage(name) {
  return (err, image) => {
    fs.writeFile(name, image, finishCompress);
  }
}

function finishCompress(err) {
  if (err) { }
  else { }
}

function readDir(dir) {
  fs.readdir(dir, processFiles);
}

module.export = readDir;
```

```
const compressImagesDir = require('./compressImagesDir');

compressImagesDir('/tmp/images');
```

Promise (Обещание)

ES6 / ES2015

=

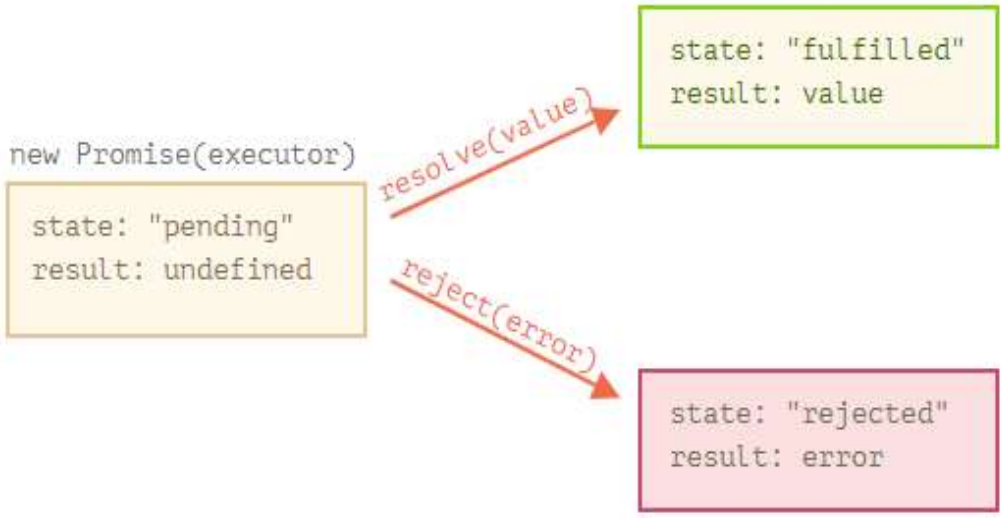
объект, используемый для выполнения отложенных и асинхронных вычислений. Представляет собой операцию, которая еще не завершена, но ожидается в будущем.

Promises

Свойство state:

- pending (ожидание),
- fulfilled (выполнено) при вызове resolve,
- rejected (отклонено) при вызове reject.

Свойство result: вначале undefined, далее изменяется на value при вызове resolve(value) или на error при вызове reject(error).



Promises

resolve и reject – это статические методы класса Promise, которые выполняют и отклоняют промис соответственно.

Вызов resolve => обработчик then

Вызов reject => обработчик catch

```
var myPromise = new Promise( (resolve, reject) => {
    // все прошло успешно
    resolve('successPayload');

    // что-то пошло не так
    // reject('errorPayload');
} );

myPromise
.then((result) => {
    // обрабатываем результат
})
.catch((err) => {
    // обрабатываем ошибку
})
.finally(finallyCallback);

myPromise.then((files) => { }, (err) => { });
```

Resolve => then => finally

```
const promiseA = new Promise((resolve, reject) => {
    setTimeout( () => {
        resolve('result of a()');
    }, 1000 );
});

promiseA
.then((result) => {
    console.log('promiseA success:', result);
})
.catch((error) => {
    console.log('promiseA error:', error);
})
.finally(() => {
    console.log('a() is done!');
});
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-08.js
promiseA success: result of a()
a() is done!
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

Reject => catch => finally

```
const promiseA = new Promise((resolve, reject) => {
    setTimeout( () => {
        //resolve('result of a()');
        reject('something bad happened a()');
    }, 1000 );
});

promiseA
.then((result) => {
    console.log('promiseA success:', result);
})
.catch((error) => {
    console.log('promiseA error:', error);
})
.finally(() => {
    console.log('a() is done!');
});
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-08.js
promiseA error: something bad happened a()
a() is done!
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

Обработка отклоненного промиса без catch

```
const promiseA = new Promise((resolve, reject) => {
    setTimeout(() => {
        reject('something bad happened a()');
    }, 1000);
});

promiseA
    .then((result) => {
        console.log('promiseA success:', result);
    }, (error) => {
        console.log('promiseA error:', error);
    })
    .finally(() => {
        console.log('a() is done!');
    });
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-09.js
promiseA error: something bad happened a()
a() is done!
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

Обратные вызовы промисов помещаются в очередь микрозадач (microtask queue)

```
setTimeout(() => console.log('setTimeout callback'), 0);

// immediately resolved promise
const promiseA = new Promise((resolve) => resolve());

// sync
console.log('I am sync job.');

// promise listener
promiseA.then(() => {
    console.log('promiseA success:');
});

// sync
console.log('I am good sync job.');
console.log('I am awesome sync job too.');
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-10.js
I am sync job.
I am good sync job.
I am awesome sync job too.
promiseA success:
setTimeout callback
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

```
Promise.reject('Reject DATA!')
    .then((result) => {
        console.log('[1] then', result); // won't be called
        return '[2] then payload';
    })
    .finally(() => {
        console.log('[1] finally'); // first finally will be called
        return '[1] finally payload';
    })
    .then((result) => {
        console.log('[2] then', result); // won't be called
        return '[2] then payload';
    })
    .catch((error) => {
        console.log('[1] catch', error);  // first catch will be called
        return '[1] catch payload';
    })
    .catch((error) => {
        console.log('[2] catch', error);  // won't be called
        return '[2] catch payload';
    })
    .then((result) => {
        console.log('[3] then', result); // will be called
        return '[3] then payload';
    })
    .finally(() => {
        console.log('[2] finally'); // will be called
        return '[2] finally payload';
    })
    .catch((error) => {
        console.log('[3] catch', error);  // won't be called
        return '[3] catch payload';
    })
    .then((result) => {
        console.log('[4] then', result); // will be called
        return '[4] then payload';
    });
```

Цепочка промисов

Обработчик промиса возвращает новый промис с неопределенным result (можно его задать с помощью оператора return), поэтому их можно объединять в цепочки.

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-11.js
[1] finally
[1] catch Reject DATA!
[3] then [1] catch payload
[2] finally
[4] then [3] then payload
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

```
const a = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of a()'), 1000);
});

const b = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of b()'), 500);
});

const c = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of c()'), 1100);
});

Promise.all([a(), b(), c(), { key: 'I am plain data!' }])
    .then((data) => {
        console.log('success: ', data);
    })
    .catch((error) => {
        console.log('error: ', error);
    });
```

Метод Promise.all (iterable) возвращает промис, который выполнится после выполнения всех промисов в передаваемом итерируемом аргументе.

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node 03-12.js
success:  [
  'result of a()',
  'result of b()',
  'result of c()',
  { key: 'I am plain data!' }
]
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

```
const a = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of a()'), 1000);
});

const b = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of b()'), 500);
});

const c = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of c()'), 1100);
});

Promise.race([a(), b(), c()])
    .then((data) => {
        console.log('success: ', data);
    })
    .catch((error) => {
        console.log('error: ', error);
    });
```

Метод Promise.race (iterable) возвращает промис, который будет выполнен или отклонен с результатом исполнения первого выполненного или отклонённого итерируемого промиса.

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node 03-12.js
success:  result of b()
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

async/await

ES8 / ES2017

=

синтаксис для обработки нескольких промисов в режиме синхронного кода.

Async/await

async – перед объявлением функции, возвращает промис

await – блокирует код до тех пор, пока промис не будет разрешен или отклонен.

```
async function myFunction() {
  var result = await new MyPromise();
  console.log(result);
}
myFunction(); // returns a promise
```

Async/await

```
const a = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of a()'), 1000);
});

const b = () => new Promise((resolve, reject) => {
    setTimeout(() => resolve('result of b()'), 500);
    //setTimeout(() => reject('result of b()'), 500);
});

const c = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of c()'), 1100);
});

const doJobs = async () => {
    var resultA = await a();
    var resultB = await b();
    var resultC = await c();

    return [resultA, resultB, resultC];
};

// doJobs() returns a promise
doJobs().then((result) => {
    console.log('success:', result);
})
    .catch((error) => {
        console.log('error:', error);
    });

console.log('I am a sync operation!');
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-13.js
I am a sync operation!
success: [ 'result of a()', 'result of b()', 'result of c()' ]
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

```
PS D:\Материалы\cwp_03> node .\03-13.js
I am a sync operation!
error: result of b()
PS D:\Материалы\cwp_03>
```

Async/await
(обработка Error)

```
const a = () => new Promise((resolve, reject) => {
    setTimeout(() => reject(new Error('An error occurred')), 1000);
});

const b = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of b()'), 500);
});

const c = () => new Promise(resolve => {
    setTimeout(() => resolve('result of c()'), 1100);
});

const doJobs = async () => {
    try {
        var resultA = await a();
        var resultB = await b();
        var resultC = await c();

        console.log('Success: ', [resultA, resultB, resultC]);
    } catch (error) {
        console.log('error: ', error.message)
    }
};

doJobs();

console.log('I am a sync operation!');
```

Блок catch обработает только reject(new Error(…)). На reject(‘’) блок catch не сработает

```
const doJobs = async () => {
    var resultA = await a();
    var resultB = await b();
    var resultC = await c();

    return [resultA, resultB, resultC];
};

doJobs().then((result) => {
    console.log('success:', result);
})
    .catch((error) => {
        console.log('error:', error.message);
    });

console.log('I am a sync operation!');
```

```
PS D:\NodeJS\samples\cwp_03> node 03-23
I am a sync operation!
error:  An error occurred
```