

UNIDAD 1: La corriente eléctrica y la batería

ACTIVIDADES-PÁG. 9

1. ¿Cuál es el potencial de electrodo de una batería de ion litio? ¿Por qué es diferente a la de ácido-plomo?

El potencial de electrodo de una batería de ion litio generalmente se encuentra entre 3,6 y 3,7 voltios por celda, dependiendo del tipo específico de química del litio utilizada. Este potencial es diferente al de las baterías de ácido-plomo, que tienen un potencial de electrodo de aproximadamente 2,1 voltios por celda. La diferencia se debe a los distintos materiales y reacciones electroquímicas involucradas

2. Si aumenta la temperatura de la batería, ¿cómo se comporta el voltaje? Razona la respuesta.

Según la ecuación de Nernst, cuando la temperatura aumenta el potencial de electrodo disminuye. Este efecto explica por qué, al aumentar la temperatura, el voltaje de la batería tiende a disminuir ligeramente, debido al aumento en la energía térmica que afecta las reacciones electroquímicas internas aumentando la resistencia interna de la batería.

3. Investiga en la red si se pueden utilizar baterías de ion litio para sustituir a las baterías de ácido-plomo en el arranque. Si es así, ¿qué tendríamos que hacer para instalarla?

El cambio podría ser casi directo, simplemente tendríamos que encontrar una batería con un voltaje similar, esto es dependiendo de si es litio-ion o LiFePo debería tener tres y cuatro según los montajes. Además, hay que seleccionar la capacidad, como las baterías de litio tienen una mayor eficiencia de carga y descarga en comparación con las de ácido-plomo, puedes reducir la capacidad nominal en aproximadamente un 30-50 % sin perder rendimiento.

ACTIVIDADES-PÁG. 11

4. ¿Cuál es la definición de amperio a partir de la carga del electrón?

Un amperio (A) se define como el flujo de un culombio de carga por segundo. Como la carga de un electrón es aproximadamente $1.602 \cdot 10^{-19}$ culombios, un amperio corresponde al flujo de aproximadamente $6,242 \cdot 10^{18}$ electrones por segundo a través de un conductor.

5. Si el reactivo limitante es el ácido sulfúrico y tenemos una batería de 90 Ah, siendo la densidad del electrolito 1,28 g/mL, halla el volumen del electrolito total.

Considerando que la diferencia de peso entre la batería totalmente cargada y descargada se debe al consumo de ácido sulfúrico, para calcular el volumen de electrolito necesario para una batería de 90 Ah, seguimos los siguientes pasos:

$$\text{Capacidad (Ah)} = \left[\frac{\left(\text{Densidad inicial} \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) - \text{Densidad final} \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) \right)}{\text{Masa molar del } \text{H}_2\text{SO}_4 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} \right] \cdot \text{Volumen (mL)} \cdot 2 \cdot \left[\frac{96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \right]$$

Para una batería de 90 Ah con densidades de 1,280 g/mL y 1,040 g/mL:

$$90 \text{ Ah} = [(1,28 - 1,040) / 98,079] \cdot \text{Volumen (mL)} \cdot 2 \cdot 26,801;$$

$$90 = [(0,240 / 98,079)] \cdot \text{Volumen} \cdot 53,602; \quad 90 = 0,131 \cdot \text{Volumen}; \quad \text{Volumen} = 90 / 0,131 \approx 687,0 \text{ mL}$$

Por lo tanto, se necesitarían aproximadamente 687,0 mL de electrolito para proporcionar una capacidad de 90 Ah.

6. Investiga en la red: realiza una tabla comparativa utilizando diferentes catálogos de baterías de plomo ácido en los que se compare la capacidad el del tipo de batería y el peso de esta. Poned en común vuestras tablas en clase.

Un ejemplo de tabla podría ser esta:

Capacidad (Ah)	Peso (kg)
60	20,2
70	22,1
90	27,6
100	31,0
120	38,2

ACTIVIDADES–PÁG. 15

7. Describe utilizando tus palabras como está fabricada una batería.

Una batería está fabricada con varias celdas electroquímicas conectadas en serie o paralelo. Cada celda contiene dos electrodos, un ánodo y un cátodo, inmersos en un electrolito que facilita el movimiento de iones. Las celdas están encerradas en una carcasa protectora. En baterías de plomo-ácido, los electrodos son de plomo y dióxido de plomo, y el electrolito es ácido sulfúrico.

8. Imagina que tienes una batería sin mantenimiento en tu coche. ¿Qué ventajas y desventajas crees que esto puede tener en comparación con una batería convencional?

Una batería sin mantenimiento en el coche tiene la ventaja de no requerir revisiones periódicas de niveles de electrolito ni adición de agua, lo que aumenta su tiempo de duración ya que habitualmente este tipo de revisiones no se lleva a cabo.

9. Si se supone que la batería de tu coche está fallando y tienes que comprar una nueva, ¿qué factores considerarías al elegirla? ¿Cómo influirían los conceptos aprendidos en tu decisión?

Al comprar una batería nueva para el coche, considerarías factores como la capacidad (Ah), el tamaño físico (para asegurar el ajuste en el compartimento), la posición del borne positivo, la corriente de arranque en frío (CCA) que suele ser un indicador de la calidad de esta. Además, he de considerar la tecnología de la batería (VRLA, AGM, gel).

Los conceptos aprendidos, como la capacidad de carga, la vida útil, y el tipo de mantenimiento necesario, influirían en mi decisión para elegir una batería que ofrezca un equilibrio óptimo entre el precio, rendimiento y tiempo de uso.

ACTIVIDADES–PÁG. 22

10. Explica cómo se produce la reacción de descomposición del agua en una batería y qué sucede con los gases formados.

La reacción de descomposición del agua en una batería ocurre durante la sobrecarga, cuando ya no se puede convertir más sulfato de plomo y la electricidad aplicada descompone el agua del electrolito en oxígeno e hidrógeno.

11. ¿Cómo influye la resistencia interna y el voltaje de gasificación en la carga de una batería?

La resistencia interna de una batería influye en su capacidad para suministrar corriente bajo carga. Una alta resistencia interna provoca una mayor caída de voltaje interno, disminuyendo la eficiencia de carga de la batería al transformarse parte de la energía suministrada en calor.

El voltaje de gasificación es el punto en el que el electrolito comienza a descomponerse en gases, limitando la carga adicional que se puede aplicar sin riesgo de dañar la batería y por lo tanto condiciona la velocidad de carga.

12. Imagina una situación en la que un coche está estacionado en un clima extremadamente frío (-18 °C) durante varios días. Discute cómo afectaría esto al rendimiento de la batería y qué medidas se podrían tomar para minimizar cualquier impacto negativo. Organizad un debate en clase y llegad a una respuesta conjunta.

En un clima extremadamente frío (-18°C) siempre que la batería este totalmente cargada no se produce la congelación del electrolito, en caso de que esta se produzca no se debe utilizar la batería para arrancar el vehículo.

Para minimizar el impacto, se pueden tomar medidas como el de calentar la batería antes de su uso, utilizar medios alternativos de arranque como arrancadores portátiles, o mantener la batería cargada completamente antes de los días fríos.

EVALUO MISCONOCIMIENTOS-PÁG. 36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b	b	a	a	a	b	a	b	b	b

EVALUO MI APRENDIZAJE-PÁG. 37

1. Halla cuánto ácido sulfúrico tendrías que echar por litro de agua destilada para preparar electrolito para una batería de ácido plomo si solamente disponemos de una báscula.

Para preparar electrolito con una densidad de 1,280 g/mL, utilizaremos las mismas densidades del agua y del ácido sulfúrico a 25°C (1,000 g/mL y 1,840 g/mL, respectivamente) y seguiremos el mismo enfoque. Supongamos que x es la fracción de ácido sulfúrico en la mezcla e y es la fracción de agua en la mezcla. Entonces, tenemos:

$$x + y = 1 \text{ (ya que la suma de las fracciones de ácido y agua debe ser igual a 1)}$$

$$1,840x + 1,000y = 1,280 \text{ (la ecuación que relaciona las densidades)}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, encontramos que:

$$x \approx 0,407 \text{ (fracción de ácido sulfúrico)}$$

$$y \approx 0,593 \text{ (fracción de agua)}$$

Ahora, si queremos preparar 1 litro de electrolito (1,000 mL), necesitaremos las siguientes cantidades:

$$\text{Ácido sulfúrico} = 0,407 \cdot 1,000 \text{ mL} = 407 \text{ mL}$$

$$\text{Agua destilada} = 0,593 \cdot 1,000 \text{ mL} = 593 \text{ mL}$$

Como solo disponemos de una báscula, es necesario convertir estos volúmenes en masas utilizando las densidades correspondientes:

$$\text{Masa de ácido sulfúrico} = 407 \text{ mL} \cdot 1,840 \text{ g/mL} \approx 749 \text{ g}$$

$$\text{Masa de agua destilada} = 593 \text{ mL} \cdot 1,000 \text{ g/mL} \approx 593 \text{ g}$$

Por lo tanto, para preparar 1 litro de electrolito con una densidad de 1,280 g/mL, tendrías que mezclar aproximadamente 749 g de ácido sulfúrico con 593 g de agua destilada.

2. ¿Cuál sería la capacidad de una batería que pesa 24 kg, de AGM (densidad de energía 30 Wh/kg).

$$\text{Densidad de energía} = 30 \text{ Wh/kg}$$

$$\text{Masa de la batería} = 24 \text{ kg}$$

$$\text{Energía almacenada} = \text{Densidad de energía} \cdot \text{Masa de la batería}$$

$$\text{Energía almacenada} = 35 \text{ Wh/kg} \cdot 24 \text{ kg} = 840 \text{ Wh}$$

Para encontrar la capacidad en amperios-hora (Ah), necesitamos saber el voltaje nominal de la batería. Asumamos que se trata de una batería de 12 V:

$$\text{Capacidad (Ah)} = \text{Energía almacenada (Wh)} / \text{Voltaje nominal (V)}$$

$$\text{Capacidad (Ah)} = 840 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 70 \text{ Ah}$$

Entonces, la capacidad de la batería AGM de 24 kg sería de aproximadamente 70 Ah. Sin embargo, este cálculo es una estimación y la capacidad real puede variar según el diseño específico y la eficiencia de la batería AGM.

3. ¿Cuál será la concentración de ácido sulfúrico de una batería de ácido-plomo en el electrolito si la densidad es de 1,205 g/mL?

Para calcular la concentración de ácido sulfúrico y agua en una batería de plomo-ácido a partir de la densidad del electrolito, primero necesitamos conocer las densidades del agua y del ácido sulfúrico puro a 25 °C.

Agua: aproximadamente 1,000 g/mL

Ácido sulfúrico puro: aproximadamente 1,840 g/mL

La densidad del electrolito en la batería es 1,205 g/mL. Dado que estamos trabajando con una mezcla de agua y ácido sulfúrico, podemos plantear un sistema de ecuaciones para determinar las proporciones de ácido y agua en la mezcla.

Supongamos que x es la fracción de ácido sulfúrico en la mezcla e y es la fracción de agua en la mezcla. Entonces, tenemos:

$$x + y = 1 \text{ (ya que la suma de las fracciones de ácido y agua debe ser igual a 1)}$$

$$1,840x + 1,000y = 1,205 \text{ (la ecuación que relaciona las densidades)}$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, encontramos que:

$$x \approx 0,2904 \text{ (fracción de ácido sulfúrico)}$$

$$y \approx 0,7096 \text{ (fracción de agua)}$$

Para encontrar las concentraciones en porcentaje, multiplicamos las fracciones por 100:

$$\text{Concentración de ácido sulfúrico} = 0,2904 \cdot 100 \approx 29,04 \%$$

$$\text{Concentración de agua} = 0,7096 \cdot 100 \approx 70,96 \%$$

Así, la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito es aproximadamente del 29,04 %, mientras que la concentración de agua es aproximadamente del 70,96 %.

4. Dada la información a continuación, calcula la resistencia interna total de una batería:

Resistencia de contacto: 5 mΩ

Resistencia de los electrodos: 2 mΩ

Resistencia del electrolito: 3 mΩ

Resistencia de los conectores: 1 mΩ

Para calcular la resistencia interna total teniendo en cuenta que solo hay 5 resistencias de conectores debido a que las celdas están unidas en serie mediante cinco conectores, podemos ajustar el cálculo de la siguiente manera:

Sumar todas las resistencias de una sola celda y considerar la suma de resistencias de conectores

Resistencia de contacto: 5 mΩ

Resistencia de los electrodos: 2 mΩ

Resistencia del electrolito: 3 mΩ

Resistencia de los conectores (solo se suman 5 conectores en total): 1 mΩ · 5

Resistencia total por celda (sin considerar los conectores): $R_{\text{celda}} = 5 \text{ mΩ} + 2 \text{ mΩ} + 3 \text{ mΩ} = 10 \text{ mΩ}$

Multiplicar la resistencia total por celda por el número de celdas y sumar la resistencia de los conectores.

Por lo tanto, la resistencia interna total de la batería es: 65 mΩ

5. Utiliza la ecuación de Peukert y estima la capacidad real de una batería de 100 Ah cuando se descarga a 10 A durante 5 horas. Usa un exponente de Peukert de 1,2.

Para estimar la capacidad real de una batería cuando se descarga a 10 A durante 5 horas usando un exponente de Peukert de 1,2, utilizamos la fórmula:

$$C = I^n \cdot t$$

Corriente de descarga (I): 10 A
 Tiempo de descarga (t): 5 horas
 Exponente de Peukert (k): 1,2

Aplicamos la ecuación:

$$C = 10^{1,2} \cdot 5 = 79,25 \text{ Ah}$$

Con lo que la capacidad real se reduce en un 20 % aproximadamente.

6. ¿Qué voltaje tenemos que aplicar a una batería cargada al 50 %, que tiene una resistencia interna de 25 mΩ, si queremos cargarla a 10 A? ¿Y si queremos hacer una carga rápida a 50 A?

Para calcular el voltaje necesario para cargar la batería a una corriente de 10 A, debemos tener en cuenta la caída de voltaje causada por la resistencia interna de la batería. La caída de voltaje se calcula utilizando la Ley de Ohm:

Caída de voltaje = Corriente de carga · Resistencia interna

Donde la corriente de carga es 10 A y la resistencia interna es 25 mΩ (0,025 Ω).

Caída de voltaje = 10 A · 0,025 Ω = 0,25 V

Dado que el voltaje en circuito abierto para una batería al 50 % (VOC) es de 12, V, el voltaje necesario para cargar la batería será:

Voltaje necesario = VOC + Caída de voltaje

Voltaje necesario = 12 V + 0,25 V = 12,25 V

Por lo tanto, necesitarás aplicar un voltaje de 12,25 V para cargar la batería a una corriente de 10 A.

Para una de carga 50 A y la resistencia interna es 25 mΩ (0,025 Ω).

Caída de voltaje = 50 A · 0,025 Ω = 1,25 V

Dado que el voltaje en circuito abierto (VOC) es de 12 V, el voltaje necesario para cargar la batería será:

Voltaje necesario = VOC + Caída de voltaje

Voltaje necesario = 12 V + 1,25 V = 13,25 V

Por lo tanto, necesitarás aplicar un voltaje de 13,25 V para cargar la batería a una corriente de carga rápida de 50 A.

7. Calcula qué voltaje que tendríamos que aplicar para cargar dos baterías en serie, una de 110 Ah, que se encuentra al 50 % de carga, y otra de 90 Ah, que se encuentra al 70 % de carga, si las resistencias internas son de 30 mΩ y no podemos superar la intensidad del 5 % de la capacidad de carga. ¿Cuánto tiempo tardamos en cargarlas?

La batería de 110 Ah está al 50 % de carga, lo que correspondería a un voltaje de aproximadamente 12,0 V. La batería de 90 Ah está a 12,42 V.

Ahora, calculemos la caída de tensión en cada batería debido a su resistencia interna:

Caída de tensión en batería de 110 Ah = Corriente de carga · Resistencia interna = 4,5 A · 0,03 Ω = 0,135 V

Caída de tensión en batería de 90 Ah = Corriente de carga · Resistencia interna = 4,5 A · 0,03 Ω = 0,135 V

Dado que las baterías están en serie, la tensión de carga total será la suma de las tensiones de carga individuales más la caída de tensión debido a la resistencia interna:

Voltaje de carga total = (12,0 V + 12,42 V) + (0,135 V + 0,135 V) = 24,42 V + 0,27 V = 24,69 V

Entonces, deberíamos aplicar un voltaje de 24,69 V para cargar las dos baterías en serie.

Ahora, para calcular el tiempo de carga, primero determinemos cuánta carga necesitamos reponer en cada batería:

Carga faltante en batería de 110 Ah = 0,5 · 110 Ah = 55 Ah

Carga faltante en batería de 90 Ah = 0,3 · 90 Ah = 27 Ah

Dado que las baterías están en serie, la corriente de carga es la misma para ambas. La primera batería estaría cargada a las 6 horas, y la segunda en 12 horas aproximadamente.

Lo que reduce el tiempo de carga si solo disponemos de un cargador, aunque tendríamos que desconectar la batería de 90 Ah, al cabo de 6 horas para no sobrecargarla.

8. Por parejas, realizad un inventario de las baterías del taller. Apuntad sus características técnicas y su estado de salud SOH. ¿Cuál es la capacidad total en Ah del aula taller?

Marca	Modelo	Capacidad (Ah)	Descarga rápida (A)	SOH (%)
Exide	EP150	150	750	95%
Varta	Blue Dynamic	90	450	100%
Bosch	S4002	74	370	80%

Descripción de las columnas:

- **Marca:** Es el fabricante de la batería.
- **Modelo:** El modelo específico de la batería.
- **Capacidad (Ah):** Amperios-hora, que indica la cantidad de electricidad que puede almacenar la batería.
- **Descarga rápida (A):** Amperaje máximo que la batería puede proporcionar en una descarga rápida.
- **SOH (%):** Estado de salud de la batería expresado en porcentaje, reflejando su capacidad restante en comparación con la nueva.

9. Elaborad un calendario de carga para las baterías del aula-taller y asignad una persona responsable por semana.

Código de colores para las baterías:

- **Verde:** Capacidad superior a 90 Ah.
- **Amarillo:** Capacidad entre 70 Ah y 90 Ah.
- **Rojo:** Capacidad inferior al 70 Ah.

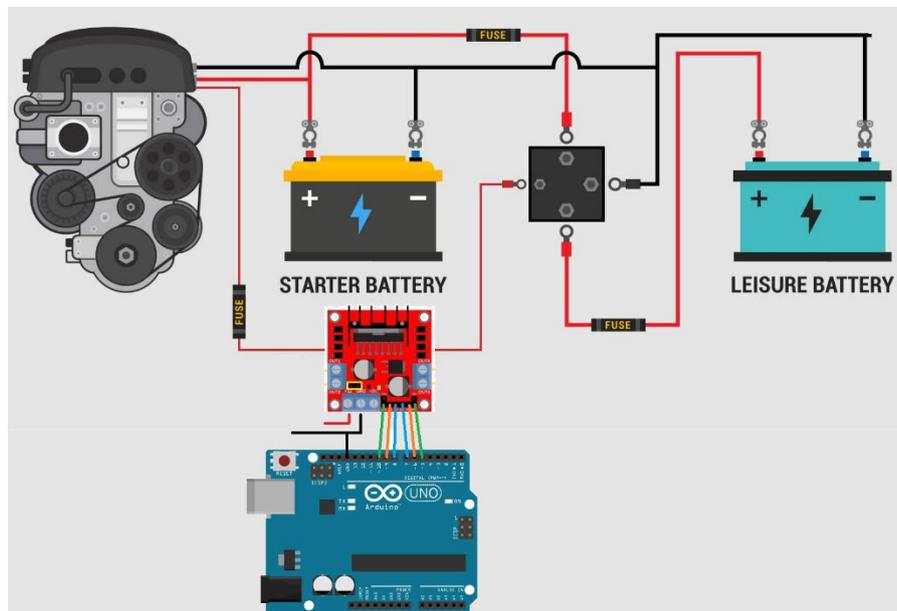
Enero 2025

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	Revisión	Carga	Desconexión	Servicio	Chequeo
			1	2	3
Ana Gómez	6	7	8	9	10
Luis Ramírez	13	14	15	16	17
María López	20	21	22	23	24
Ángel Pérez	27	28	29	30	31

RETO PROFESIONAL-PAG 38

Simulación de un sistema de doble batería

Para realizar el montaje que describes, necesitarás los siguientes componentes:



- Arduino (UNO, Nano, Mega, etc.)
- Un módulo de puente H L298N
- Un relé de 12 V y 60 A
- Dos resistencias (por ejemplo, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ y $R_2 = 20\text{ k}\Omega$) para los divisores de voltaje
- Cables de conexión

Sigue estos pasos para realizar el montaje:

1. Conecta la señal de arranque (borne 50) a un divisor de voltaje compuesto por R_1 y R_2 . Conecta el punto intermedio del divisor de voltaje al pin 2 de Arduino.
2. Conecta la señal de contacto (borne 15) a otro divisor de voltaje compuesto por otras dos resistencias (por ejemplo, $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ y $R_4 = 20\text{ k}\Omega$). Conecta el punto intermedio del segundo divisor de voltaje al pin 4 de Arduino.
3. Conecta la entrada de control del relé de 12 V y 60 A al módulo L298N. Conecta el pin de control del módulo L298N al pin 3 de Arduino.
4. Conecta la fuente de alimentación del módulo L298N (GND y VCC) a la fuente de alimentación principal del vehículo (12 V). Asegúrate de que el módulo L298N sea compatible con la corriente que manejará el relé.
5. Conecta el GND (tierra) de Arduino a la tierra del vehículo y la alimentación de Arduino a una fuente de alimentación regulada de 5 V o 3,3 V, según el modelo de Arduino.

R1Carga el siguiente programa en Arduino:

```
#include <Arduino.h>

// Define las constantes para los pines de Arduino
constexpr int relePin = 3;    // Pin de control del puente H L298N
constexpr int arranquePin = 2; // Pin de entrada de la señal de arranque (borne 50)
constexpr int contactoPin = 4; // Pin de entrada de la señal de contacto (borne 15)

// Define las constantes de tiempo para conectar y desconectar el relé
constexpr unsigned long tiempoConexion = 60000; // Tiempo para conectar el rele (60 segundos)
constexpr unsigned long tiempoDesconexion = 60000; // Tiempo para desconectar el rele (60 segundos)

// Define variables para almacenar el estado y tiempo de arranque
unsigned long tiempoArranque;
unsigned long tiempoDesconexionInicio;
bool releConectado = false;
bool arranque = false;
bool contacto = false;

void setup() {
    // Configura los pines de entrada y salida
    pinMode(relePin, OUTPUT);    // Configura el pin del puente H L298N como salida
    pinMode(arranquePin, INPUT); // Configura el pin de la señal de arranque (borne 50) como
    entrada
    pinMode(contactoPin, INPUT); // Configura el pin de la señal de contacto (borne 15) como
    entrada

    // Establece el pin del puente H L298N en estado bajo (desconectado)
    digitalWrite(relePin, LOW);
}

void loop() {
    // Lee el estado de los pines de entrada
    arranque = digitalRead(arranquePin);
    contacto = digitalRead(contactoPin);

    // Si se detecta la señal de arranque y el relé no está conectado, almacena el tiempo actual
    if (arranque && !releConectado) {
        tiempoArranque = millis();
        releConectado = true;
    }

    // Si el contacto se desconecta y el relé está conectado, almacena el tiempo de inicio de
    desconexión
    if (!contacto && releConectado) {
        tiempoDesconexionInicio = millis();
        releConectado = false;
    }
}
```

```
// Si el relé está conectado y el contacto está activo y ha pasado el tiempo de conexión, activa el pin del puente H L298N
if (releConectado && contacto && (millis() – tiempoArranque >= tiempoConexion)) {
    digitalWrite(relePin, HIGH);
} else {
    // Si no se cumplen las condiciones, desactiva el pin del puente H L298N
    digitalWrite(relePin, LOW);
}

// Si el contacto se desconectó y ha pasado el tiempo de desconexión, desactiva el relé
if (!releConectado && (millis() – tiempoDesconexionInicio >= tiempoDesconexion)) {
    digitalWrite(relePin, LOW);
}
}
```