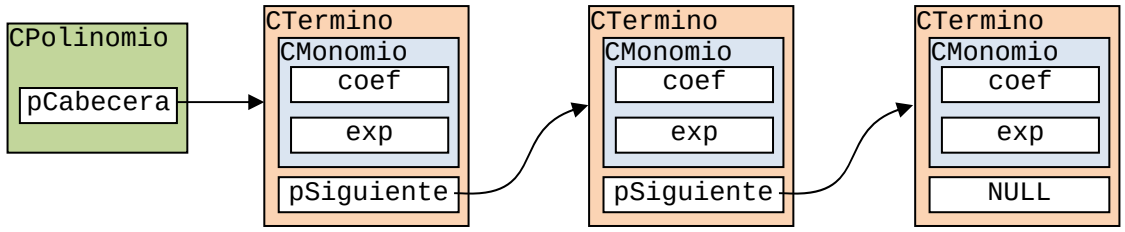
PRÁCTICA 6: Operaciones con polinomios.

OBJETIVOS: Repaso de listas dinámicas. Objetos como datos miembro de otros objetos (introducción a la herencia). Objetos con partes dinámicas. Sobrecarga de operadores.

TEMPORIZACIÓN:
Publicación del enunciado: Semana del 22 de octubre.
Entrega: Semana del 12 de noviembre.
Límite de entrega (con penalización): Semana del 19 de noviembre.

BIBLIOGRAFÍA
Programación orientada a objetos con C++
C/C++. Curso de programación, 4ª edición, capítulo: Estructuras dinámicas
Autor: Fco. Javier Ceballos
Editorial: RA-MA.

Se trata de escribir un programa que permita realizar operaciones con polinomios, donde un polinomio quedará definido por una lista lineal simplemente enlazada como la mostrada en la siguiente figura:



Se deben completar las clases `CMonomio`, `CTermino` y `CPolinomio`, cada una en su(s) propio(s) fichero(s), para realizar un programa que opere con polinomios y ponga a prueba todas las funciones implementadas. Se recomienda realizar la práctica siguiendo los pasos indicados al final del enunciado (NOTAS); destacamos especialmente que se debe implementar cuanto antes el operador de inserción de monomios, **`CPolinomio& CPolinomio::operator<<(const CMonomio& mono)`**, ya que facilitará enormemente la implementación de otros métodos.

La clase `CMonomio` encapsula un término de un polinomio. Un monomio con coeficiente 3 y exponente 2 equivale a $3x^2$. Todos los métodos de la clase son muy sencillos, así que pueden ser definidos `inline`. Esto quiere decir que el compilador podrá sustituir las llamadas a los métodos por el propio código de éstos.

```
class CMonomio
{
  private:
    double m_dCoeficiente;
    int m_nExponente;

  public:
    CMonomio(double dCoef=0, int nExp=0)
```

```
      : m_dCoeficiente(dCoef), m_nExponente(nExp) {}
    double GetCoef() const;         // <-- definir aquí
    int GetExp() const;             // <-- definir aquí

    void SetCoef(double dCoef);     // <-- definir aquí
    void SetExp(int nExp);          // <-- definir aquí

    CMonomio operator-() const
      { return CMonomio(-m_dCoeficiente, m_nExponente); }
};

ostream& operator<<(ostream& os, const CMonomio& Mono);
```

El constructor recibe dos parámetros con valores por defecto. Su lista de iniciadores copia los valores recibidos en los datos miembro, o más bien *construye* los datos miembro a partir de los valores recibidos. El cuerpo del constructor no hace nada (llaves vacías).

Se ha sobrecargado el operador *menos unario*, que devuelve un monomio cambiado de signo. Esto permitirá hacer cosas como:

```
CMonomio a(3,2), b;     // a == 3x^2
b = -a;                 // b == -3x^2
```

No hace falta definir un constructor copia ni sobrecargar el operador de asignación porque los objetos de esta clase no tienen partes dinámicas. La copia que se hará por defecto (miembro a miembro) es perfectamente válida.

Falta definir los métodos `Get...` y `Set...`; Serán métodos `inline`.

Para mostrar un monomio se puede sobrecargar el operador de inserción como se indica a continuación:

```
ostream& operator<<(ostream& os, const CMonomio& mono)
{
  os << showpos;                // Poner + para valores positivos
  if (!mono.GetExp())           // Si la x está elevada a 0,
    os << mono.GetCoef();       // vale 1 y se muestra sólo el coef.
  else                          // Si no...
  {
    if (mono.GetCoef() != 1)    // Mostrar el coeficiente
      os << mono.GetCoef();     // sólo si es distinto de 1
    os << noshowpos;            // quitar + para valores positivos
    if (mono.GetExp() == 1)           // Si el exponente es 1,
      os << 'x';                      // basta "x"
    else                              // Si no,
      os << "x^" << mono.GetExp();    // hay que poner "x^..."
  }
  os << noshowpos;
  return os;    // Devolver ref. al ostream recibido
}               // para permitir encadenamiento: cout << m1 << m2...
```

Escribir esta función en el fichero `.cpp` correspondiente.

La clase `CTermino` representa un monomio perteneciente a un polinomio. Cada uno de estos objetos contendrá un monomio y un puntero al siguiente término (un polinomio estará formado por una lista dinámica de objetos de la clase `CTermino`).

```
class CTermino
{
  private:
    CMonomio m_Monomio;     // Monomio contenido en el término
    CTermino *m_pSig;       // Puntero al siguiente término

  public:
    // Constructores ...

    // Métodos Get:
    double GetCoef() const { return m_Monomio.GetCoef(); }
    int GetExp() const { return m_Monomio.GetExp(); }
    CMonomio GetMono() const { return m_Monomio; }
    CTermino * GetSig() const { return m_pSig; }

    // Métodos Set:
    void SetCoef(double dCoef) { m_Monomio.SetCoef(dCoef); }
    void SetExp(int nExp) { m_Monomio.SetExp(nExp); }
    void SetMono(const CMonomio& mono) { m_Monomio = mono; }
    void SetSig(CTermino * pSig) { m_pSig = pSig; }
};
```

Se han definido métodos `Get...` y `Set...` para proporcionar una interfaz que permita acceder a los datos de la clase. Cabe destacar que algunos de ellos llaman directamente a los métodos correspondientes (`Get...` y `Set...`) de la clase `CMonomio` para el dato miembro `m_Monomio`. Este rodeo es propio de la *inclusión* (también conocida como *agregación* de objetos). En prácticas posteriores se estudiará un mecanismo más apropiado para este tipo de casos: la *herencia*.

Definir tres constructores para la clase `CTermino`. El primero de ellos debe construir el objeto a partir de un coeficiente, un exponente y un puntero al siguiente objeto `CTermino`. Los tres parámetros deben tener valores por defecto (`0`, `0` y `NULL` respectivamente). El segundo constructor debe construir el objeto a partir de un objeto monomio (este primer parámetro debe ser una referencia a un objeto `const`) y un puntero al siguiente objeto `CTermino`. El puntero deberá tener por defecto el valor `NULL`. El tercer constructor debe construir el objeto a partir de otro objeto `CTermino` (cuyo monomio será copiado) y un puntero al siguiente objeto `CTermino`. El puntero deberá tener por defecto el valor `NULL`. Al haber un valor por defecto para el puntero, este constructor servirá también como constructor copia.

Los tres constructores pueden ser definidos como el de la clase `CMonomio`: *iniciando* los datos miembro en su lista de iniciadores y dejando el cuerpo vacío. Al ser tan sencillos interesa definirlos `inline`.

La clase `CPolinomio` encapsula un puntero a una lista de términos (objetos `CTermino`) ordenados de mayor a menor según el exponente (el objeto `CTermino` apuntado por `m_pCabecera` es el de mayor grado). No habrá dos términos con el mismo exponente ni términos con coeficiente nulo.

```
class CPolinomio
{
  private:
    CTermino * m_pCabecera;   // Primer término (el de mayor grado)

  public:
    // ...
};

ostream& operator<<(ostream& os, const CPolinomio& Poli);
```

Puesto que los polinomios sí contienen datos dinámicos propios, habrá que definir cuidadosamente los constructores (constructores con o sin parámetros y constructor copia), el destructor y el operador de asignación.

Se deberá definir:

1) Un constructor sin parámetros que inicie el puntero `m_pCabecera` a `NULL`.

2) Un constructor copia que copie un polinomio. Su parámetro debe ser una referencia a un objeto `const`. Implementar el constructor copia de forma que realice la misma iniciación del constructor sin parámetros, seguida de una llamada al operador de asignación indicado en el punto 7.

3) Un constructor que reciba un coeficiente y un exponente para construir un polinomio con un sólo término. El exponente deberá tener el valor `0` por defecto. Si el coeficiente recibido es `0`, la lista deberá dejarse vacía (con `m_pCabecera` apuntando a `NULL`).

4) Un constructor que reciba un `vector<CMonomio>` y construya un polinomio formado por los monomios contenidos en dicho vector. Para ello puede utilizar la sobrecarga del operador de inserción especificado un poco más adelante.

5) Un constructor que reciba un monomio para construir un polinomio con un sólo término. Si el coeficiente del monomio recibido es `0`, la lista deberá dejarse vacía (con `m_pCabecera` apuntando a `NULL`).

6) Un destructor que libere la memoria dinámica del polinomio.

7) Un operador de asignación que copie un polinomio (utilice la sobrecarga del operador de inserción especificado a continuación). Tener en cuenta que el objeto destino puede contener datos anteriores. La memoria dinámica correspondiente a esos datos debe ser liberada antes de empezar a reservar memoria para copiar los nuevos datos.

El operador de inserción indicado en la página anterior, que sirve para enviar un polinomio a un flujo, llamará a la función `MostrarPoli` siguiente, que, a su vez, llama al operador de inserción de `CMonomio`:

```
void CPolinomio::MostrarPoli(ostream& os) const
{
  const CTermino * pPos = m_pCabecera;

  if (pPos)
    do
    {
      os << pPos->GetMono() << ' ';
      pPos = pPos->GetSig();
    }
    while (pPos);
  else
    os << "0 ";
}
```

La introducción de datos en un polinomio se hará mediante una nueva sobrecarga del operador de inserción:

```
CPolinomio& CPolinomio::operator<<(const CMonomio& mono);
```

Al definirlo habrá que tener en cuenta que:

1) El monomio recibido puede tener coeficiente `0`. En ese caso no habrá que añadirlo al polinomio.

2) Si la lista está vacía, bastará añadir un nuevo término con el puntero `m_pSig` a `NULL`. Deberá almacenarse en `m_pCabecera` la dirección de ese nuevo término.

3) Si no existe ningún término con el exponente del nuevo monomio, bastará insertar un nuevo término en la posición adecuada. Habrá que respetar el orden (de mayor a menor según el exponente).

4) Si ya existe un término con el exponente del nuevo monomio, habrá que sumar a su coeficiente el coeficiente del nuevo monomio (porque no puede haber exponentes repetidos). Si el resultado es **`0`** (los coeficientes se anulan), habrá que retirar el término de la lista.

Para poder realizar la inserción del nuevo término habrá que recorrer la lista con dos punteros que apunten a términos consecutivos de la lista, buscando un término con exponente menor o igual al del monomio que hay que insertar.

```
CPolinomio& CPolinomio::operator<<(const CMonomio& mono)
{
  CTermino* pPos = m_pCabecera, * pAnterior = m_pCabecera, * nuevo;

  // si el coeficiente no es cero, se añade al polinomio; si es cero no se añade.
    // si la lista está vacía, nuevo término al principio
    // si la lista no está vacía...
      // buscar un exponente igual o menor que el de "mono"
        // si el exponente es igual que el de "mono"
          // suma los coeficientes
          // si suman cero
            // borrar término de la lista
```

```
          // devolver el polinomio
        // si el exponente es menor que el de "mono"
          // crear un nuevo término
            // e incluirlo correctamente
          // devolver el polinomio
        // si el exponente es mayor que el de "mono"
        // seguir buscando
      // si llegamos al final de la lista
      // crear nuevo término e incluirlo al final
  // devolver el polinomio
}
```

Este operador de inserción debe ser puesto a prueba con el siguiente código:

```
CPolinomio P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, N;
CMonomio m1, m2(2,2), m3(3,3), m4(4,4);

P << m1 << m2 << -m4 << m3;
Q << m4 << m1 << m2 << -m3;
R << m3 << m4 << -m2;
S << m2 << m3 << m4 << -m2;
T << -m2 << -m3 << -m4 << m3;
U << m2 << m3 << m4 << -m4;
V << m2 << m3 << m4 << -m2 << -m3 << -m4;
W << m2 << m3 << -m2 << -m3;
X << m2 << -m2;
Y << m2 << m3 << m4 << m2;
Z << -m2 << -m3 << -m4 << -m3;
N << m2 << m3 << m4 << m4;

cout << "P = " << P << endl
     << "Q = " << Q << endl
     << "R = " << R << endl
     << "S = " << S << endl
     << "T = " << T << endl
     << "U = " << U << endl
     << "V = " << V << endl
     << "W = " << W << endl
     << "X = " << X << endl
     << "Y = " << Y << endl
     << "Z = " << Z << endl
     << "N = " << N << endl;
```

Véase el resultado que se obtiene al final del enunciado.

Esta sobrecarga de **<<** simplificará la implementación de **`operator=`**, **`operator+`**, etc.

Se deberá definir una función miembro pública de la clase `CPolinomio` que permita ejecutar una sentencia como la siguiente. Esta función devolverá el mayor exponente de todos los términos del polinomio.

```
int grado = U; // mayor exponente de U
```

Se deberán sobrecargar además los siguientes operadores y otros que puede ver en el resultado mostrado al final del enunciado. La implementación de alguno de estos

métodos se podrá realizar en función de otros que ya estén implementados; por ejemplo, el "<" en función de la función miembro del apartado anterior, el "-" binario en función del "+" binario y "-" unario, etc.

<, > y **==**
- unario
+, -
+=, -=
[] y **()**

Todos ellos deberán ser definidos como miembros de la clase `CPolinomio`. Los operadores de comparación se limitarán a comparar el grado de los polinomios. Los operadores `+=` y `-=` pueden definirse fácilmente utilizando los demás (`+`, `-`, y `=`).

El operador `[]` recibirá un número de exponente (`int`) y devolverá el coeficiente (`double`) del término que tenga ese exponente. Si ningún término del polinomio tiene ese exponente, devolverá `0`.

El operador `()` recibirá un valor de la `x` del polinomio (`double`) y devolverá el valor del polinomio (`double`) para ese valor de `x`. Este operador servirá para convertir a los polinomios en *funciones matemáticas*. Por ejemplo:

```
CPolinomio P;
P << CMonomio(3,2) << CMonomio(-2,1);    // P == 3x^2 -2x
double y, x=0.5;
y = P(x);                 // y = 3*0.5^2 - 2*0.5 = -0.25
```

NOTAS:

Se sugiere el uso de la función `pow`.

Se recomienda realizar la práctica siguiendo los siguientes pasos:

- Implemente los constructores y destructores.
- Escriba una función `main` para probarlos.
- Implemente los operadores <<.
- Añada a `main` el código necesario para probarlos.
- Implemente la función `Grado`.
- Añada a `main` el código necesario para probarlos.
- Implemente el resto de operadores.
- Añada a `main` el código necesario para probarlos.

El objetivo de este desarrollo escalonado es compilar y ejecutar en cada paso para descubrir los errores lo antes posible.

Un código como el siguiente:

```
if (x > y)
  return true;
else
  return false;
```

se puede escribir de forma abreviada así:

```
return x > y;
```

RESULTADOS DESPUÉS DE EJECUTAR LA PRÁCTICA:

```
        ******** PRACTICA 6 DE PROGRAMACION AVANZADA ********

Construcción de Polinomios

Probando el operador de inserci¾n de monomios (<<)
P = -4x^4 +3x^3 +2x^2
Q = +4x^4 -3x^3 +2x^2
R = +4x^4 +3x^3 -2x^2
S = +4x^4 +3x^3
T = -4x^4 -2x^2
U = +3x^3 +2x^2
V = 0
W = 0
X = 0
Y = +4x^4 +3x^3 +4x^2
Z = -4x^4 -6x^3 -2x^2
N = +8x^4 +3x^3 +2x^2

CPolinomio A = P (constructor copia)
A = -4x^4 +3x^3 +2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

B = Q (operador de asignaci¾n)
B = +4x^4 -3x^3 +2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

P = P (evitar auto-asignacion)
P: -4x^4 +3x^3 +2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el constructor con un coef. y un exp.
C = +2.5
D = +2.5x^5
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el constructor con un monomio
E = +4x^4
Presione una tecla para continuar . . .

Obteniendo el grado del polinomio.
El grado de U es: 3
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el constructor con vector<CMonomio>
F = +4x^4 +3x^3 +2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador >
P = -4x^4 +3x^3 +2x^2
U = +3x^3 +2x^2
P es de mayor grado que U
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador ==
P = -4x^4 +3x^3 +2x^2
Q = +4x^4 -3x^3 +2x^2
P es de igual grado que Q
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador - unario
Q = +4x^4 -3x^3 +2x^2
-Q = -4x^4 +3x^3 -2x^2
```

```
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador +
N = +8x^4 +3x^3 +2x^2
U = +3x^3 +2x^2
N + U: +8x^4 +6x^3 +4x^2
Presione una tecla para continuar . . .

Probando los operadores - y +=
R = +4x^4 +3x^3 -2x^2
S = +4x^4 +3x^3
R - S: -2x^2
R += S: +8x^4 +6x^3 -2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador -=
N = +8x^4 +3x^3 +2x^2
Y = +4x^4 +3x^3 +4x^2
N -= Y: +4x^4 -2x^2
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador []
Polinomio P: -4x^4 +3x^3 +2x^2
Coeficiente de P[4]: -4
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador ()
Polinomio G: +3x^2 -2x , G(0.5) = -0.25
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador *
Q = +4x^4 -3x^3 +2x^2
S = +4x^4 +3x^3
Q * S: +16x^8 -1x^6 +6x^5
Presione una tecla para continuar . . .

Probando el operador *=
P = -4x^4 +3x^3 +2x^2
Q = +4x^4 -3x^3 +2x^2
P *= Q: -16x^8 +24x^7 -9x^6 +4x^4
Presione una tecla para continuar . . .

NO hay lagunas de memoria!! ;-)
Presione una tecla para continuar . . .
```

Realizar una segunda versión de esta práctica utilizando la plantilla **vector**. La clase `CMonomio` no cambia, la clase `CTermino` ya no es necesaria y la clase `CPolinomio` será:

```
class CPolinomio
{
  private:
    std::vector<CMonomio> m_monomios; // de mayor a menor grado
  public:
    // ...
};
```

Eliminar los métodos que ya no sean necesarios. Por ejemplo, si en la clase `CPolinomio` no fuera necesario, el constructor copia, el operador de asignación o cualquier otro método, no los implemente.

Operaciones básicas (`pos`: posición de un elemento en el vector):

Borrar: `m_monomios.erase(m_monomios.begin() + pos);`
Insertar: `m_monomios.insert(m_monomios.begin() + pos, mono);`
Añadir al final: `m_monomios.push_back(mono);`