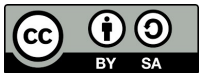
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΑΝΟΙΚΤΑ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΙΙ

Εντολές for, while, do-while

Διδάσκοντες: Αν. Καθ. Δ. Παπαγεωργίου, Αν. Καθ. Ε. Λοιδωρίκης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΙΙ

Εντολές επανάληψης

Εντολές επανάληψης

Στη C++ υπάρχουν 3 διαφορετικές εντολές επανάληψης:

- **while**
- **for**
- **do-while**

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΙΙ

Εντολή while

Παράδειγμα #1

Κατασκευάστε πρόγραμμα που για δεδομένο ακέραιο Ν θα εμφανίζει στην οθόνη τους αριθμούς από 1 έως Ν

Παράδειγμα #1

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
      int n, k;

      cout << "Εισάγετε το N ";
      cin >> n;

      k = 1;
      while ( k <= n ) {
            cout << k << endl;
            ++k;
      }
}
```


Συντακτικό της εντολής while 1/2

while (*συνθήκη*)
εντολή ;

Παρατηρήσεις:

- Δεν βάζουμε ερωτηματικό μετά τη σύγκριση.
- Ως *συνθήκη* μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε απλή ή σύνθετη λογική παράσταση.
- Συντακτικά η while (μαζί με την εντολή που περιλαμβάνει) θεωρείται ως μία εντολή.
- Ανάλογα με τη *συνθήκη* μπορεί να μην γίνει καμία επανάληψη.

Συντακτικό της εντολής while 2/2

while (*συνθήκη*) {
εντολή ;
εντολή ;
⋮
}

Σε περίπτωση που θέλουμε να εκτελεστούν **περισσότερες από μια εντολές**, χρησιμοποιούμε άγκιστρα για να ομαδοποιήσουμε τις εντολές.

Πως λειτουργεί η εντολή while

while (*συνθήκη*)
εντολή ;

Αρχικά υπολογίζεται η ***συνθήκη*.**

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **αληθής** εκτελείται η *εντολή* και το πρόγραμμα επιστρέφει στο while.

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **ψευδής** τερματίζεται η λειτουργία της εντολής while.

Παράδειγμα #1 (ξανά)

Μπορούμε να διακρίνουμε τρία σημεία στην εντολή while:

```
k = 1;                          Αρχική τιμή
while ( k <= n ) {              Συνθήκη
      cout << k << endl;
      ++k;                      Αύξηση
}
```


ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΙΙ

Εντολή for

Τι χρειάζεται ;

Η εντολή for ενσωματώνει τα τρία σημεία της εντολής while που είδαμε στο παράδειγμα:

- Αρχική τιμή
- Συνθήκη επανάληψης
- Αύξηση της μεταβλητής

Παράδειγμα #1 (με for)

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
      int n, k;

      cout << "Εισάγετε το N ";
      cin >> n;

      for ( k = 1 ; k <= n ; ++k )
            cout << k << endl;
}
```

Συντακτικό της εντολής for 1/2

```
for ( αρχική τιμή ; συνθήκη ; αύξηση )
    εντολή ;
```

Παρατηρήσεις:

- Ως *αρχική τιμή* μπορούμε να βάλουμε οποιαδήποτε εντολή ανάθεσης τιμής.
- Ως *συνθήκη* μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε απλή ή σύνθετη λογική παράσταση.
- Ως *αύξηση* βάζουμε οποιαδήποτε εντολή που τροποποιεί (αυξάνει ή μειώνει) την τιμή της μεταβλητής.
- Συντακτικά η for (μαζί με την εντολή που περιλαμβάνει) θεωρείται ως μία εντολή.
- Οποιοδήποτε τμήμα από τα *αρχική τιμή, συνθήκη, αύξηση* μπορεί να παραληφθεί.

Συντακτικό της εντολής for 2/2

Σε περίπτωση που θέλουμε να εκτελεστούν **περισσότερες από μια εντολές**, χρησιμοποιούμε άγκιστρα για να ομαδοποιήσουμε τις εντολές.

```
for ( αρχική τιμή ; συνθήκη ; αύξηση ) {
    εντολή ;
    εντολή ;
       ⋮
}
```


Πως λειτουργεί η εντολή for 1/2

```
for ( αρχική τιμή ; συνθήκη ; αύξηση )
    εντολή ;
```

Αρχικά ανατίθεται η ***αρχική τιμή***.

Ελέγχεται η ***συνθήκη***.

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **αληθής** εκτελείται η *εντολή*, εκτελείται η ***αύξηση*** και το πρόγραμμα επιστρέφει στην for για να ελέγξει και πάλι τη ***συνθήκη***.

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **ψευδής** τερματίζεται η λειτουργία της εντολής for.

Πως λειτουργεί η εντολή for 2/2

Προσοχή:

Στην εντολή for **δεν γράφουμε** την αρχική τιμή, τελική τιμή και βήμα αύξησης της μεταβλητής.

Γράφουμε:

- Μια εντολή για να αναθέσουμε αρχική τιμή.
- Μια συνθήκη που όσο είναι αληθής γίνονται επαναλήψεις.
- Μια εντολή που αυξάνει ή μειώνει την τιμή της μεταβλητής.

Σχέση των εντολών for και while

Η παρακάτω εντολή for:

```
for ( αρχική τιμή ; συνθήκη ; αύξηση )
    εντολή ;
```

Είναι ισοδύναμη με:

```
αρχική τιμή ;
while ( συνθήκη ) {
    εντολή ;
    αύξηση ;
}
```


Παράδειγμα #2

Η παρακάτω εντολή for:

```
for ( k = 0 ; k < 10 ; ++k )
    cout << k << endl ;
```

Είναι ισοδύναμη με:

```
k = 0;
while ( k < 10 ) {
    cout << k << endl ;
    ++k;
}
```


Παράδειγμα #3

Πόσες επαναλήψεις θα γίνουν από τις παρακάτω εντολές for ; Ποια είναι η τιμή της μεταβλητής σε κάθε επανάληψη ;

```
1)  for ( k=1; k<=7; k=k+2 )
2)  for ( k=10; k<17; k+=3 )
3)  for ( m=-2; m<2; m++ )
4)  for ( m=1; m<=0; m+=25 )
5)  for ( n=-8; n>=-10; n=n+2 )
```


Παράδειγμα #3

1) `for ( k=1; k<=7; k=k+2 )`
   4 επαναλήψεις: 1, 3, 5, 7

2) `for ( k=10; k<17; k+=3 )`
   3 επαναλήψεις: 10, 13, 16

3) `for ( m=-2; m<2; m++ )`
   4 επαναλήψεις: -2, -1, 0, 1

4) `for ( m=1; m<=0; m+=25 )`
   Καμία επανάληψη

5) `for ( n=-8; n>=-10; n=n+2 )`
   Άπειρες επαναλήψεις

Παράδειγμα #4

Πόσες επαναλήψεις θα γίνουν από τις παρακάτω εντολές for ; Ποια είναι η τιμή της μεταβλητής σε κάθε επανάληψη ;

```
1)  for ( k=1; k<=15 ; )
2)  for ( k=0; ; ++k )
3)  for ( ; ; )
```


Παράδειγμα #4

```
1)  for ( k=1; k<=15 ; )
```
Άπειρες επαναλήψεις

```
2)  for ( k=0; ; ++k )
```
Άπειρες επαναλήψεις

```
3)  for ( ; ; )
```
Άπειρες επαναλήψεις

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΙΙ

Εντολή do-while

Συντακτικό της εντολής do-while 1/2

```
do
      εντολή ;
while ( συνθήκη );
```

Παρατηρήσεις:

- Βάζουμε ερωτηματικό μετά την *εντολή*, αλλά και στο τέλος της do-while.
- Συντακτικά η do-while (μαζί με την εντολή που περιλαμβάνει) θεωρείται ως μία εντολή.

Συντακτικό της εντολής do-while 2/2

Σε περίπτωση που θέλουμε να εκτελεστούν **περισσότερες από μια εντολές**, χρησιμοποιούμε άγκιστρα για να ομαδοποιήσουμε τις εντολές.

```
do {
      εντολή ;
      εντολή ;
        ⋮
} while ( συνθήκη );
```


Πως λειτουργεί η εντολή do-while 1/2

```
do
     εντολή ;
while ( συνθήκη );
```

Αρχικά εκτελείται η ***εντολή***.

Κατόπιν υπολογίζεται η ***συνθήκη***.

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **αληθής** το πρόγραμμα επιστρέφει στο do.

Εάν η ***συνθήκη*** είναι **ψευδής** τερματίζεται η λειτουργία της εντολής do-while.

Πως λειτουργεί η εντολή do-while 2/2

Προσοχή:

Στην εντολή do-while η *εντολή* εκτελείται τουλάχιστον μία φορά όποια και αν είναι η συνθήκη.

Στις εντολές while και for η *εντολή* μπορεί να μην εκτελεστεί και καμία φορά ανάλογα με τη *συνθήκη*.

Παράδειγμα #5

Μια συνηθισμένη χρήση της do-while:

Σε περίπτωση εισαγωγής λανθασμένων δεδομένων να ζητείται ξανά η εισαγωγή τους.

Παράδειγμα #5

Ας υποθέσουμε ότι κάποιο πρόβλημα ζητάει να εισάγουμε ένα θετικό ακέραιο:

```
cout << "Εισάγετε ένα θετικό ακέραιο ";
cin >> n;
```


Παράδειγμα #5

Για να ελέγξουμε αν ο χρήστης πληκτρολόγησε ένα θετικό ακέραιο και να ζητήσουμε ξανά τον αριθμό σε περίπτωση λάθους:

```
do {
     cout << "Εισάγετε ένα θετικό ακέραιο ";
     cin >> n;
     if ( n <= 0 ) cout << "ΛΑΘΟΣ \n";
} while ( n <= 0 );
```

Πρακτικός κανόνας:
Στις ανωτέρω εντολές if και do-while γράφω την ίδια συνθήκη.

Η εντολή break

Αν για οποιοδήποτε λόγο χρειάζεται να "βγούμε" από μια εντολή επανάληψης, χρησιμοποιούμε την εντολή break. Συνήθως χρησιμοποιείται με κάποια εντολή if.

Παράδειγμα:

```
for ( k=1 ; ; ++k ) {
        ⋮
     if ( … ) break;
}
```


Παράδειγμα #6

Υπολογίστε το άθροισμα

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{1}{k}$$

μόνο για τις περιττές τιμές k.

Σημείωση:
Το ζητούμενο άθροισμα είναι:

$$\frac{1}{1}+\frac{1}{3}+\frac{1}{5}+\ldots+\frac{1}{N}$$

Παράδειγμα #6

```
s = 0 ;                          // Αθροιστής
for ( k=1 ; k<=n ; k+=2 )
      s += 1.0/k ;
```


Παράδειγμα #7

Υπολογίστε το άθροισμα:

$$1-\frac{1}{3}+\frac{1}{5}-\frac{1}{7}+\ldots\frac{1}{N}$$

Σημείωση:
Το άθροισμα συγκλίνει στο π/4.

Παρατήρηση:
Κάθε όρος έχει αντίθετο πρόσημο από τον προηγούμενο.

Παράδειγμα #7

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
      int k, n;
      double s, p;

      cout << "Εισάγετε το n ";
      cin >> n;

      s = 0;
      p = 1.0;                        // Αρχικό πρόσημο
      for ( k=1; k<=n ; k+=2 ) {
            s += p/k;                 // Άθροιση
            p = -p;                   // Αλλαγή προσήμου
      }
      cout << s << endl;
}
```


Παράδειγμα #8

Κατασκευάστε πρόγραμμα που θα υπολογίζει το Ν-οστό όρο της ακολουθίας:

$$x_{k+1}=\frac{3x_k+4}{2x_k+3}$$

με πρώτο όρο $x_1=1$

Σημείωση:
Η ακολουθία αυτή συγκλίνει γρήγορα στην τιμή $\sqrt{2}$

Παράδειγμα #8

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
      int k, n;
      double x;

      cout << "Πόσοι όροι? ";
      cin >> n;

      x = 1.0;
      for ( k=2; k<=n; ++k )
            x = (3*x+4)/(2*x+3);

      cout << x << endl;
}
```


Παράδειγμα #9

Ακολουθία Fibonacci

Υπολογίστε το Ν-στο όρο της ακολουθίας:

$F_k = F_{k-1} + F_{k-2}$

με $F_0 = 0$ και $F_1 = 1$

Χρησιμοποιούμε δύο μεταβλητές:

- fb για τον προηγούμενο όρο (F_{k-1})
- fa για τον προ-προηγούμενο όρο (F_{k-2})

Παράδειγμα #9

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
      int fa, fb, fc;
      int n, i;

      cout << "Ποιόν όρο? ";
      cin >> n;

      fa = 0;
      fb = 1;
      for ( i=2; i<=n; ++i ) {
            fc = fa+fb;    // Ο νέος όρος.
            fa = fb;       // Ο προηγούμενος γίνεται προ-προηγούμενος
            fb = fc;       // Ο νέος όρος γίνεται προηγούμενος.
      }
      cout << fc << endl;
}
```


Παράδειγμα #10

Υπολογισμός ολοκληρώματος

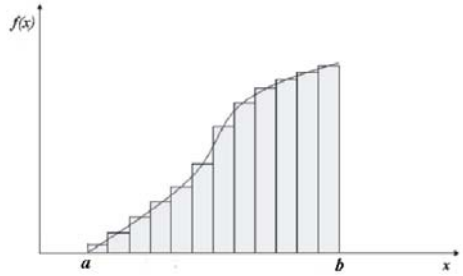
Υπολογίστε προσεγγιστικά το ολοκλήρωμα

$$I = \int_a^b f(x)dx$$

όταν δίνεται η συνάρτηση f(x) και τα όρια ολοκλήρωσης a, b χρησιμοποιώντας τον **κανόνα του παραλληλογράμμου**.

Το ζητούμενο ολοκλήρωμα ισούται με το εμβαδόν της περιοχής μεταξύ της συνάρτησης και του άξονα x.

Παράδειγμα #10



Αλγόριθμος:

1. Χωρίζουμε το διάστημα [a,b] σε N ίσα υποδιαστήματα.
2. Υπολογίζουμε το εμβαδόν του κάθε ορθογωνίου παραλληλογράμμου θεωρώντας ως ύψος την τιμή της συνάρτησης στο μέσον του.
3. Αθροίζουμε όλα τα επιμέρους εμβαδά.

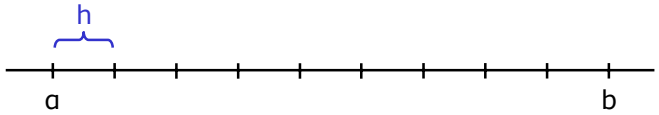
Παράδειγμα #10

Ποιο είναι το μήκος κάθε υποδιαστήματος ;

$$h = \frac{b-a}{N}$$

Παράδειγμα #10

Ποιο είναι το μέσον του k υποδιαστήματος ;



Το 1ο υποδιάστημα ξεκινάει στο:	a
Το 2ο υποδιάστημα ξεκινάει στο:	a+h
Το 3ο υποδιάστημα ξεκινάει στο:	a+2h
Το 4ο υποδιάστημα ξεκινάει στο:	a+3h
…	
Το k υποδιάστημα ξεκινάει στο:	a+(k-1)h

Το μέσον του k υποδιαστήματος είναι:

$$a+(k-1)h+\frac{h}{2} = a+kh-\frac{h}{2}$$

Παράδειγμα #10

Ποιο είναι το εμβαδόν του υποδιαστήματος k ;

$$E_k = h\,f(a+kh-\frac{h}{2})$$

Ποιο είναι το συνολικό εμβαδόν ;

$$\sum_{k=1}^{N} E_k = \sum_{k=1}^{N} h\,f(a+kh-\frac{h}{2})$$

Παράδειγμα #10

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

int main ( )
{
     double a, b;     // Τα όρια ολοκλήρωσης
     double h;        // Μήκος υποδιαστήματος
     double x, f;     // Μέσον υποδιαστήματος και τιμή συνάρτησης
     double s;        // Τιμή ολοκληρώματος
     int n;           // Πλήθος υποδιαστημάτων
     int k;

     cout << "Εισάγετε τα όρια a, b \n";
     cin >> a >> b;
     cout << "Πλήθος διαστημάτων? \n";
     cin >> n;
```

Συνεχίζεται...

Παράδειγμα #10

...Συνέχεια

```
     h = (b-a)/n;                 // Μήκος υποδιαστήματος
     s = 0.;
     for ( k=1; k<=n; ++k ) {
          x = a + k*h - h/2;      // Μέσον του υποδιαστήματος
          f = sin(x);             // Τιμή της συνάρτησης
          s += h*f;               // Άθροιση επιμέρους εμβαδού
     }
     cout << s << endl;
}
```


Παράδειγμα #11

Υπολογισμός διπλού ολοκληρώματος

Υπολογίστε προσεγγιστικά το διπλό ολοκλήρωμα

$$I = \int_{ya}^{yb} dy \int_{xa}^{xb} f(x,y)dx$$

όταν δίνεται η συνάρτηση f(x,y) και τα όρια ολοκλήρωσης xa, xb, ya, yb χρησιμοποιώντας τον κανόνα του παραλληλογράμμου.

Εφαρμόζουμε την τεχνική του απλού ολοκληρώματος δύο φορές.

Παράδειγμα #11

Μπορούμε να θεωρήσουμε το διπλό ολοκλήρωμα ως:

$$I = \int_{ya}^{yb} dy\, g(y)$$

όπου η συνάρτηση προς ολοκλήρωση g(y) είναι:

$$g(y) = \int_{xa}^{xb} f(x,y)dx$$

Εφαρμόζουμε την τεχνική του απλού ολοκληρώματος δύο φορές.

Παράδειγμα #11

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

int main ( )
{
     double xa, xb;          // Τα όρια ολοκλήρωσης στο x
     double ya, yb;          // Τα όρια ολοκλήρωσης στο y
     int n;                  // Πλήθος υποδιαστημάτων
     double xh, yh;          // Μήκη υποδιαστημάτων
     double sx, s;
     int i, j;
     double x, y, f;

     cout << "Εισάγετε τα όρια ";
     cin >> xa >> xb >> ya >> yb ;
     cout << "Πόσα υποδιαστήματα? ";
     cin >> n ;
```

Συνεχίζεται...

Παράδειγμα #11

...Συνέχεια

```
     xh = (xb-xa)/n;              // Μήκος διαστήματος στο x
     yh = (yb-ya)/n;              // Μήκος διαστήματος στο y
     s = 0;
     for ( j=1; j<=n; ++j ) {
          y = ya+j*yh-yh/2;
          sx = 0;
          for ( i=1; i<=n; ++i ) {
               x = xa+i*xh-xh/2;
               f = x*x*sin(x*y);    // Υπολογισμός συνάρτησης
               sx += xh*f;
          }
          s += yh*sx;
     }
     cout << s << endl;
}
```


Παράδειγμα #12

Υπολογίστε το άθροισμα

$$1+x+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!}+\frac{x^4}{4!}+\ldots+\frac{x^N}{N!}$$

όταν δίνεται το x και το N.

Υπενθύμιση:

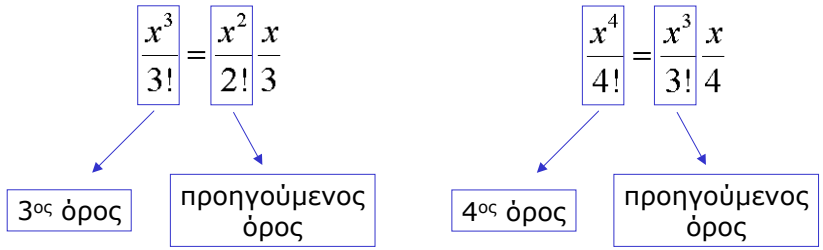
Το ανωτέρω άθροισμα είναι η σειρά Taylor του e^x

Παράδειγμα #12

$$1+x+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!}+\frac{x^4}{4!}+\ldots+\frac{x^N}{N!}$$

Παρατηρείστε ότι ο κάθε όρος του αθροίσματος μπορεί να γραφεί σε σχέση με τον προηγούμενο.

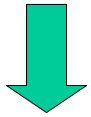
Παράδειγμα:



Παράδειγμα #12

Γενικά: $\frac{x^k}{k!} = \frac{x^{k-1}}{(k-1)!}\frac{x}{k}$

$$όρος_k = \frac{x}{k} όρος_{k-1} \qquad όρος_0 = 1$$



Αναδρομική σχέση με ένα προηγούμενο όρο.

Προσοχή: δεν ζητούνται οι επιμέρους όροι αλλά το άθροισμά τους.

Παράδειγμα #12

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
     double x, s, t;
     int n, k;

     cout << "Εισάγετε τα x, n \n";
     cin >> x >> n;

     s = 1.;
     t = 1.;
     for ( k=1; k<=n; ++k ) {
          t *= x/k;
          s += t;
     }
     cout << s << endl;
}
```


Παράδειγμα #12 (επίλογος)

Πόσοι όροι χρειάζονται για προσεγγίσουμε το e^x με 6 δεκαδικά ψηφία ;

Αντί να προκαθορίσουμε το N θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε εντός του for το άθροισμα με την ακριβή τιμή exp(x) και να σταματήσουμε όταν η διαφορά γίνει μικρότερη από 10^{-6}

Εναλλακτικά, για να μην χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση exp(x), μπορούμε να σταματήσουμε όταν ο προστιθέμενος όρος t είναι τόσο μικρός που δεν μπορεί να επηρεάσει τα προηγούμενα ψηφία.

Παράδειγμα #13

Υπολογίστε και πάλι το άθροισμα

$$1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \ldots + \frac{x^N}{N!}$$

όταν δίνεται το x. Ή άθροιση να σταματάει όταν ο προστιθέμενος όρος γίνει μικρότερος από 10^{-6} κατ' απόλυτη τιμή.

Παράδειγμα #13

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
     double x, e, s, t;
     int k;

     cout << "Εισάγετε το x \n";
     cin >> x;

     s = 1;
     t = 1;
     e = 1.e-6;
     for ( k=1; abs(t)>=e; ++k ) {
          t *= x/k;
          s += t;
     }
     cout << s << endl;
}
```


Παράδειγμα #14

Υπολογίστε το άθροισμα

$$1-\frac{1}{2}x+\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}x^2-\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}x^3+\cdots$$

μέχρι τον όρο τάξης N, όταν δίνεται το x και το N.

Υπενθύμιση:

Το ανωτέρω άθροισμα αποτελεί μια προσέγγιση του

$\frac{1}{\sqrt{1+x}}$ για $-1<x\le 1$ (διωνυμική σειρά)

Παράδειγμα #14

$$1-\frac{1}{2}x+\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}x^2-\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}x^3+\cdots$$

Παρατηρούμε ότι ο κάθε όρος του αθροίσματος μπορεί να γραφεί σε σχέση με τον προηγούμενο.

Παράδειγμα:

$$-\frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}x^3=\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}x^2\left(-\frac{5}{6}x\right)$$

3ος όρος — προηγούμενος όρος

Παράδειγμα #14

Γενικά: $\frac{1\cdot 3\cdot 5\cdots(2k-1)}{2\cdot 4\cdot 6\cdots(2k)}x^k=\frac{1\cdot 3\cdot 5\cdots 2(k-1)-1}{2\cdot 4\cdot 6\cdots 2(k-1)}x^{k-1}\left[-\frac{(2k-1)}{(2k)}x\right]$

$$\text{όρος}_k=\text{όρος}_{k-1}\left[-x\frac{2k-1}{2k}\right]$$

$$\text{όρος}_0=1$$

Παράδειγμα #14

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main ( )
{
     int k, n;
     double x, s, t;

     cout << "Εισάγετε τα x, n ";
     cin >> x >> n;

     s = 1;
     t = 1;
     for ( k=1; k<=n; ++k ) {
          t = -t*x*(2*k-1)/(2*k);
          s += t;
     }
     cout << s << endl;
}
```

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση 1.0 διαθέσιμη εδώ. http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1227.

Σημείωμα Αναφοράς

Σημείωμα Αδειοδότησης