



## Εργασία 4 (προαιρετική) – Προγραμματισμός με SIMD Instructions & CUDA Ακαδημαϊκό Ετος 2025 – 2026

(ΕΚΦΩΝΗΣΗ) ΤΕΤΑΡΤΗ 21 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2026

(ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΣΤΟ ECLASS ΜΕΧΡΙ) ΔΕΥΤΕΡΑ 16 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2026

### Πληροφορίες για την αυτή την Εργασία του μαθήματος

- Κάθε ομάδα μπορεί να αποτελείται **από 1 ή 2 φοιτητές**. Όλα τα μέλη της ομάδας πρέπει να έχουν ισότιμη συμμετοχή και να γνωρίζουν τις λεπτομέρειες της υλοποίησης της ομάδας.
- Για την εξεταστική Σεπτεμβρίου δε θα δοθούν άλλες εργασίες. Τον Σεπτέμβριο εξετάζεται μόνο το γραπτό.
- Για την Άσκηση 4.1 μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το δίκτυο των υπολογιστών του Τμήματος με λειτουργικό σύστημα Linux Ubuntu ([linux01.di.uoa.gr](http://linux01.di.uoa.gr) ή [linux30.di.uoa.gr](http://linux30.di.uoa.gr)) ή κάποιο δικό σας υπολογιστικό σύστημα. Στην αναφορά σας καλείστε να δώσετε πληροφορίες σχετικά με το υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιείτε, το μοντέλο επεξεργαστή, και την υποστήριξη SIMD εντολών που παρέχει. Μαζί με τον κώδικα σας καλείστε να υποβάλετε και τα σχετικά αρχεία Makefile. Προαιρετικά, μπορείτε να υποβάλετε και τα scripts που χρησιμοποιήσατε για να τρέξετε τα πειράματα και να δημιουργήσετε τα σχετικά γραφήματα.
- Για την Άσκηση 4.2 θα χρησιμοποιήσετε την υποδομή που παρέχει η NVIDIA για το συγκεκριμένο online course.
- Καλείστε να προσεγγίσετε την κάθε άσκηση στην αναφορά σας ως εξής: σύντομη περιγραφή προβλήματος, σύντομη περιγραφή της λύσης σας, παράθεση πειραματικών αποτελεσμάτων, και σχολιασμός αποτελεσμάτων.
- Σε περίπτωση αντιγραφής θα μηδενίζονται όλες οι ομάδες που μετέχουν σε αυτή.
- Η παράδοση της **Εργασίας** πρέπει να γίνει μέχρι τα **μεσάνυχτα της προθεσμίας ηλεκτρονικά** και μόνο στο eclass (να ανεβάσετε ένα μόνο αρχείο zip ή rar με την αναφορά σας σε PDF και τον κώδικά σας).

### Άσκηση 4.1 (30%)

Σε αυτή την άσκηση καλείστε να επεκτείνετε το σειριακό πρόγραμμα της Άσκησης 1.1 που υπολογίζει τον πολλαπλασιασμό πολυωνύμων, ώστε να χρησιμοποιεί εντολές SIMD (χωρίς τη χρήση νημάτων). Πιο συγκεκριμένα, καλείστε να γράψετε ένα πρόγραμμα το οποίο: (i) δημιουργεί δύο τυχαία πλήρη πολυώνυμα ή βαθμού οι συντελεστές των οποίων είναι ακέραιοι μη-μηδενικοί αριθμοί, (ii) τα πολλαπλασιάζει χρησιμοποιώντας τον αρχικό σειριακό αλγόριθμο, (iii) τα πολλαπλασιάζει χρησιμοποιώντας τον διανυσματικό σειριακό αλγόριθμο που χρησιμοποιεί εντολές SIMD, και (iv) επιβεβαιώνει ότι ο αρχικός και ο διανυσματικός αλγόριθμος παράγουν τα ίδια αποτελέσματα. Το πρόγραμμά σας θα λαμβάνει σαν ορίσματα τον βαθμό  $n$  του κάθε πολυωνύμου, ενώ σαν έξοδο θα τυπώνει τον χρόνο δημιουργίας και αρχικοποίησης των πολυωνύμων (καθώς και όποιων άλλων δομών δεδομένων χρειάζεστε), τον χρόνο εκτέλεσης του αρχικού αλγόριθμου, τον χρόνο εκτέλεσης του διανυσματικού αλγόριθμου, και την επιβεβαίωση της σωστής εκτέλεσης του διανυσματικού αλγόριθμου σε σχέση με τον αρχικό. Συγκρίνετε την απόδοση του διανυσματικού σειριακού προγράμματος σας για διάφορους βαθμούς πολυωνύμων  $n$  (για παράδειγμα,  $10^5$  ή  $10^6$ ) σε σχέση με τον αρχικό σειριακό αλγόριθμο. Παρατηρείτε επιτάχυνση και γιατί; Στην άσκηση αποφύγετε την επίλυση μέσω Fast Fourier Transform.

### Άσκηση 4.2 (70%)

Σε αυτή την εργασία καλείστε να ολοκληρώσετε επιτυχημένα το online course «**Getting Started with Accelerated Computing in Modern CUDA C++**» της NVIDIA.

## Getting Started with Accelerated Computing in Modern CUDA C++

Course Progress Bookmarks Updates

Getting Started with Accelerated Computing in Modern CUDA C++ Classroom GPU Hands-On

Previous Next

Bookmark this page

Video



### Getting Started with Accelerated Computing in Modern CUDA C++

Start of transcript. Skip to the end.

Welcome to this introductory self-paced course on modern CUDA C++.

Για να εκκινήσετε το σχετικό περιβάλλον εκτέλεσης που προσφέρεται, κάνετε scroll down και έπειτα κάνετε κλικ στο εικονίδιο **START** και στη συνέχεια στο εικονίδιο **LAUNCH** (το περιβάλλον εκτέλεσης ανοίγει σε νέο tab). Επειδή ο συνολικός χρόνος χρήσης του περιβάλλοντος εκτέλεσης και ολοκλήρωσης του online course είναι περιορισμένος θα πρέπει να κάνετε κλικ στο εικονίδιο **STOP TASK** όταν σταματάτε να ασχολείστε με την εκάστοτε ενότητα του online course.

Computing in Modern CUDA C++

Previous Next

Classroom

GPU Hands-On

Feedback

Next Steps



To begin task, click the Start button, which will begin spinning up a live CUDA virtual environment enabled with an NVIDIA GPU accelerator. It may take up to 10 minutes to prepare the environment. During this setup time you will be given some introductory materials to start with, after which you can jump in and start working on the interactive portion of the lab.

Assessment problem information:

The assessment problem in this task is worth 100 points.

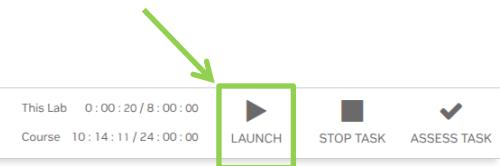
A score of 90/100 or greater will show as 100 points in the "Progress" bar for this problem.

A score less than 90/100 will show as 0 points in the "Progress" bar for this problem.

## CUDA Environment is Spinning Up

While you are waiting for your CUDA enabled cloud environment to spin up, please take a minute or two to peruse the CUDA articles on the NVIDIA Developer Blog. As you continue your development as a CUDA programmer, you will likely wish to check in here frequently to learn about the latest developments in the CUDA community. You will only have a few minutes before your CUDA environment is ready, so bookmark an article or two for later reading.

When the environment is ready, a **LAUNCH** play button will appear above this introductory text. Click on it to jump into the interactive, CUDA and NVIDIA GPU enabled environment.



## CUDA Environment is Spinning Up

While you are waiting for your CUDA enabled cloud environment to spin up, please take a minute or two to peruse the CUDA articles on the NVIDIA Developer Blog. As you continue your development as a CUDA programmer, you will likely wish to check in here frequently to learn about the latest developments in the CUDA community. You will only have a few minutes before your CUDA environment is ready, so bookmark an article or two for later reading.

When the environment is ready, a **LAUNCH** play button will appear above this introductory text. Click on it to jump into the interactive, CUDA and NVIDIA GPU enabled environment.

Το online course αποτελείται από διάφορες επιμέρους ενότητες στις οποίες μπορείτε να πειραματιστείτε με τη προγραμματιστική διεπαφή CUDA. Πιο συγκεκριμένα, κάθε ενότητα περιλαμβάνει ένα Jupyter Notebook αρχείο το οποίο λειτουργεί σαν οδηγός και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ασκήσεις-παραδείγματα και πώς να τις χρησιμοποιήσετε ή και να τις επεκτείνετε.

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with the following details:

- File Bar:** File, Edit, View, Run, Kernel, Tabs, NVIDIA Nsight, Settings, Help.
- Left Sidebar:** A file tree showing a directory structure with files like '01.01-Introduction', '01.02-Executive-Summary', etc.
- Content Area:**
  - Title:** CUDA Made Easy: Accelerating Applications with Parallel Algorithms
  - Description:** To make your first steps in GPU programming as easy as possible, in this lab you'll learn how to leverage powerful parallel algorithms that make GPU acceleration of your code as easy as changing a few lines of code. While doing so, you'll learn fundamental concepts such as execution space and memory space, parallelism, heterogeneous computing, and kernel fusion. These concepts will serve as a foundation for your advancement in accelerated computing.
  - Section 1.2:** Learn 1.2 Execution Spaces as we accelerate naïve cooling simulator and achieve 16x speedup. It includes a diagram of a cooling simulator with three stages: initial state (42°), intermediate state (31°), and final state (22°). Below it, there's a snippet of CUDA code for parallel summation.
  - Section 1.3:** Learn 1.3 Extending Algorithms with fancy iterators to achieve 2x speedup. It shows a diagram of a stencil-based simulation with a 3x3 grid and various operations like 'abs(0 - 5)' and 'diff'.
  - Section 1.4:** Learn 1.4 Vocabulary Types as we transition from naive cooling to stencil-based simulation. It shows a diagram of a stencil-based simulation with a 3x3 grid and various operations like 'abs(0 - 5)' and 'diff'.
  - Section 1.5:** Learn concept of 1.5 Parallelism as we accelerate one of the algorithms by 300x. It shows a diagram of two CUDA cores (Core 0 and Core 1) performing parallel summation of three arrays.
  - Section 1.6:** Learn concept of 1.6 Memory Spaces as we accelerate one of the algorithms by 100x. It shows a diagram comparing CPU Host Memory Space and GPU Device Memory Space.
- Bottom Status Bar:** Mode: Command, Line 1, Col 1, 01.01.01-CUDA-Made-Easy.ipynb, 0.

Στις πρώτες τρείς ομάδες ενοτήτων δεν σας ζητείται να λύσετε προβλήματα τα οποία προσμετρούν στην επιτυχημένη ολοκλήρωση του online course. Οι ενότητες αυτές περιέχουν ασκήσεις-παραδείγματα ενώ δίνονται οι αντίστοιχες λύσεις. Σκοπός αυτών των ενοτήτων είναι να εξοικειωθείτε με τη διεπαφή CUDA και τις διάφορες δυνατότητες που παρέχει μέσα από μικρά παραδείγματα. Μπορείτε να διαβάσετε και να τροποποιήσετε τον πηγαίο κώδικα των παραδειγμάτων μέσα από τον editor, και να μεταγλωτίσετε και να τρέξετε τα σχετικά παραδείγματα μέσα από το αντίστοιχο Jupyter Notebook.

**CUDA Made Easy: Accelerating Applications with Parallel Algorithms**

To make your first steps in GPU programming as easy as possible, in this lab you'll learn how to leverage powerful parallel algorithms that make GPU acceleration of your code as easy as changing a few lines of code. While doing so, you'll learn fundamental concepts such as execution space and memory space, parallelism, heterogeneous computing, and kernel fusion. These concepts will serve as a foundation for your advancement in accelerated computing.

**Learn 1.2 Execution Spaces** as we accelerate naïve cooling simulator and achieve 16x speedup

**Learn 1.3 Extending Algorithms** with fancy iterators to achieve 2x speedup

**Learn 1.4 Vocabulary Types** as we transition from naive cooling to stencil-based simulation

## Execution Spaces

### Content

- Heterogeneous Programming Model
- Execution Policy
- Exercise: Annotate Execution Spaces
- Exercise: Changing Execution Space
- Exercise: Compute Median Temperature

Επίσης, μπορείτε να αποκτήσετε πρόσβαση σε κονσόλα/terminal, να μεταβείτε στον αντίστοιχο κατάλογο (directory), να μεταγωγήσετε και να τρέξετε τα σχετικά παραδείγματα.

The Launcher interface shows the following options:

- Notebook (Python 3 (ipykernel))
- Console (Python 3 (ipykernel))
- Terminal (highlighted with a green box)
- Other
- Text File
- Markdown File
- Python File
- Show Contextual Help

Σητούμενο

Για να ολοκληρώσετε επιτυχημένα το online course, καλείστε στην τελευταία ενότητα («04.01-Assessment») να επιταχύνετε ένα πρόγραμμα που υλοποιεί έναν προσομοιωτή διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (Maxwell's Equations Simulator) χρησιμοποιώντας CUDA.

The screenshot shows the Jupyter Notebook interface with the following details:

- File List:** On the left, there is a sidebar showing a list of files and their modification times. The '04.01-Assessment' file is highlighted with a blue border and a green arrow pointing to it.
- Content Area:** The main area displays the content of the '01.01-CUDA-Made-Easy.ipynb' notebook. It includes an NVIDIA logo, a section titled 'CUDA Made Easy: Accelerating Applications with Parallel Algorithms', and several explanatory diagrams and text blocks. One diagram illustrates parallel execution spaces, another shows fancy iterators for stencil-based simulation, and others explain memory spaces and parallelism.
- Toolbar:** At the bottom of the interface, there is a toolbar with various icons for file operations like New, Open, Save, and Run.

The screenshot shows the Jupyter Notebook interface with the following details:

- File List:** On the left, there is a sidebar showing a list of files and their modification times. The 'assessment.ipynb' file is highlighted with a blue border and a green arrow pointing to it.
- Content Area:** The main area displays the content of the 'assessment.ipynb' notebook. It includes an NVIDIA logo, a section titled 'Assessment: Accelerate and Optimize Maxwell's Equations Simulator', and a 'Table of Contents' section. The 'Table of Contents' lists the following steps:
  - The Problem
  - Scoring
  - Step 1: Port CPU Simulator to GPU
  - Step 2: Accelerate the Simulator with Fancy Iterators
  - Step 3: Coarse Grid with CUDA Kernel
  - Step 4: Submit Your Assessment
- Toolbar:** At the bottom of the interface, there is a toolbar with various icons for file operations like New, Open, Save, and Run.

Για την επιτυχημένη ολοκλήρωση της εργασίας θα πρέπει να υλοποιήσετε σταδιακά τα εξής τρία βήματα τα οποία θα πρέπει να ξεπερνούν τα εκάστοτε προκαθορισμένα όρια απόδοσης (throughput – cells/second):

1. Port CPU Simulator to GPU
2. Accelerate the Simulator with Fancy Iterators
3. Use Cooperative Algorithms to Coarse the Grid

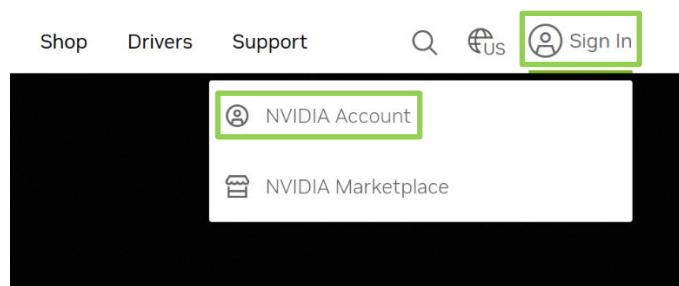
Στην αναφορά σας καλείστε να συμπεριλάβετε σύντομη περιγραφή του προβλήματος, σύντομη περιγραφή της λύσης σας για κάθε βήμα, παράθεση και σχολιασμό των αποτελεσμάτων. Στην υποβολή σας επισυνάψτε τον κώδικά σας.

Τέλος, μπορείτε να επισυνάψετε στην αναφορά σας και ένα screenshot από το πιστοποιητικό επιτυχημένης ολοκλήρωσης του συγκεκριμένου online course για κάθε μέλος της ομάδας.

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with several tabs open. One tab is titled "assessment.ipynb". The main content area displays a "Step 4: Submit Your Assessment" section. Below it, there is a "Deep Learning Institute" navigation bar and a "CUDA Environment is Spinning Up" status message. A red arrow points to the "ASSESS TASK" button in the toolbar. The status message indicates the environment is spinning up and provides a link to the CUDA Developer Blog. The bottom of the screen shows the Jupyter interface with tabs like "File", "Edit", "View", etc., and a status bar indicating "Python 3 (ipykernel) | Idle".

## Οδηγίες Εγγραφής

Το πρώτο βήμα είναι να δημιουργήσετε ένα λογαριασμό στην NVIDIA. Μεταφερθείτε στην σελίδα της NVIDIA: <https://www.nvidia.com/en-us/>



Πατήστε στην ένδειξη με το εικονίδιο **Sign in** και στη συνέχεια επιλέξτε την επιλογή **NVIDIA ACCOUNT**.

## Your NVIDIA Account

Enter your email to log in or create an account.

Email

sdiXXXXXX@di.uoa.gr

Stay logged in

**Continue**

Δώστε τον ιδρυματικό σας λογαριασμό και πατήστε **Continue**. Στη συνέχεια, συμπληρώστε τα στοιχεία που σας ζητούνται και πατήστε **Create Account**.

## Create Your Account

Email

Display name

Date of birth

Password  
 

Confirm password  
 

Stay logged in [Log In With Security Device >](#)

I am human   
Privacy - Terms

By proceeding, I agree to the [NVIDIA Account Terms Of Use](#) and [Privacy Policy](#)

[Create Account](#)

[More Signup Options](#)

Για την ολοκλήρωση της δημιουργίας του λογαριασμού σας, θα πρέπει να εισάγετε έναν 6-ψήφιο κωδικό που θα λάβετε μέσω email. Συνδεθείτε στον ιδρυματικό σας λογαριασμό για να ανοίξετε το email επιβεβαίωσης δημιουργίας λογαριασμού. Προσοχή, υπάρχει πιθανότητα το συγκεκριμένο email να αποθηκευτεί στον φάκελο **Junk**. Γράψτε τον κωδικό και πατήστε **Continue**.

## Verify Your Email

Enter the 6-digit code sent to **"your email"**

   -   

Didn't get the code? [Request a new one.](#)

Alternatively, you can also click on the link provided in the email or [change the email address you provided](#).

[Cancel](#) [Continue](#)

Επίσης, μπορεί να χρειαστεί να λάβετε email επιβεβαίωσης λογαριασμού. Πατήστε **Verify Email Address**.



## NVIDIA Account

Click the link below to verify this email address.

[Verify Email Address](#)

You requested to use this email address to access your NVIDIA account.

[Manage Preferences](#) | [Contact Us](#) | [Privacy Center](#)  
© 2024 NVIDIA Corporation. All rights reserved.  
NVIDIA Corporation, 2788 San Tomas Expressway, Santa Clara, CA 95051.

Πατήστε το παρακάτω link για να μεταφερθείτε στη σελίδα του course: [https://learn.nvidia.com/courses/course-detail?course\\_id=course-v1:DLI+S-AC-04+V2](https://learn.nvidia.com/courses/course-detail?course_id=course-v1:DLI+S-AC-04+V2)

The screenshot shows the Deep Learning Institute website. At the top, there's a navigation bar with links for Find Training, Self Paced Courses, Instructor-Led Workshops, Educator Programs, Enterprise Solutions, Certification, and Resources. Below the navigation, it says "Self-paced Course". The main title is "Getting Started with Accelerated Computing in Modern CUDA C++". A description below the title says: "Learn how to write, compile, and run GPU-accelerated code, leverage CUDA core libraries to harness the power of massive parallelism provided by modern GPU accelerators, optimize memory migration between CPU and GPU, and implement your own algorithms." To the right of the text is a collage of small images showing people working on laptops and various software interfaces. Below the main content area is a green banner with the text: "Online purchases of self-paced courses is supported in select locations worldwide. [Learn more here.](#) Free courses are available for enrollment worldwide. Our apologies for the inconvenience." At the bottom of the page, there are links for About Course, Objectives, Topics Covered, Course Outline, Stay Informed, Contact Us, Buy Now, and Redeem Code.

### About this Course

This course provides a comprehensive introduction to general-purpose GPU programming with CUDA. You'll learn how to write, compile, and run GPU-accelerated code, leverage CUDA core libraries to harness the power of massive parallelism provided by modern GPU accelerators, optimize memory migration between CPU and GPU, and implement your own algorithms. At the end of the course, you'll have access to additional resources to create your own GPU-accelerated applications.

### Course Details

**Duration:** 08:00

**Price:** \$90

**Level:** Technical - Beginner

**Subject:** Accelerated Computing

**Language:** English

**Course Prerequisites:**

Συνδεθείτε στον λογαριασμό που μόλις δημιουργήσατε πατώντας **Login** πάνω δεξιά.

Αφού συνδεθείτε επιτυχώς θα σας ζητηθούν επιπλέον στοιχεία.



## Edit Your Profile

**First Name\***  **Last Name\***  **Job Role\***

**Organization / University Name\***   **Organization URL**  **Industry\***

**Location\***

**Development Areas of Interest\***

<input type="checkbox"/> Agentic AI / Generative AI	<input type="checkbox"/> AR / VR	<input type="checkbox"/> Computer Vision / Video Analytics	<input type="checkbox"/> Content Creation / Rendering
<input type="checkbox"/> Data Center / Cloud	<input type="checkbox"/> Data Science	<input type="checkbox"/> Developer Tools & Techniques	<input type="checkbox"/> Edge Computing
<input type="checkbox"/> MLOps	<input type="checkbox"/> Networking / Communications	<input type="checkbox"/> Robotics	<input type="checkbox"/> Simulation / Modeling / Design
<input type="checkbox"/> Trustworthy AI / Cybersecurity	<input type="checkbox"/> Other		

Send me the latest developer news, announcements, and more from NVIDIA. I can unsubscribe at any time.

Please review and accept the following agreements.

1. [NEW: NVIDIA Training Terms and Conditions](#)  
2. [NEW: NVIDIA Technology Access Terms of Use](#)

Συμβουλευτείτε την παραπάνω εικόνα για τη συμπλήρωση των πεδίων **Job Role**, **Organization / University Name** και **Industry**. Αφού συμπληρώσετε τη φόρμα, πατήστε **Submit**.

Αφού συνδεθείτε στο λογαριασμό σας, επιστρέψτε στο course και πατήστε στην επιλογή **Redeem Code**.

**Deep Learning Institute** [Find Training](#) [Self Paced Courses](#) [Instructor-Led Workshops](#) [Educator Programs](#) [Enterprise Solutions](#) [Certification](#) [Resources](#)

**Redeem DLI Product**

**Redemption Code**  Enter your redemption or coupon code.

<b>How To Learn</b>	<b>Training By Topic</b>	<b>Get Involved</b>	<b>About Us</b>
<a href="#">Course Catalog</a>	<a href="#">Accelerated Computing</a>	<a href="#">Attend GTC</a>	<a href="#">Contact Us</a>
<a href="#">Learning Paths</a>	<a href="#">Data Center / Cloud</a>	<a href="#">Become an Ambassador</a>	<a href="#">Training Newsletter</a>
<a href="#">Instructor-Led Workshops</a>	<a href="#">Data Science</a>	<a href="#">Become a Certified Instructor</a>	<a href="#">Training FAQ</a>
<a href="#">Private Workshop Request</a>	<a href="#">Deep Learning</a>	<a href="#">Join Forums</a>	<a href="#">Instructor Directory</a>
<a href="#">Self-Paced Courses</a>	<a href="#">Generative AI / LLMs</a>	<a href="#">Join Inception Program for Startups</a>	
<a href="#">Free Training</a>	<a href="#">Networking</a>	<a href="#">Join NVIDIA Developer Program</a>	
<a href="#">Certification</a>	<a href="#">Simulation / Modeling / Design</a>		
<a href="#">Training Videos On-Demand</a>			

**Δεν χρειάζεται να δώσετε στοιχεία πληρωμής.** Θα χρησιμοποιήσετε τον εξής προωθητικό κωδικό (Promo Code): **DLITEACH1225\_T2PK\_27\_NYDK\_94**

Καταχωρήστε τον προωθητικό κωδικό που σας δίνεται στο πεδίο **Redemption Code** και πατήστε **Enroll**.

Προσοχή: ο προωθητικός κωδικός αφορά την πρόσβαση στο συγκεκριμένο course από φοιτητές/φοιτήτριες του μαθήματος – μη μοιραστείτε ή κοινοποιήσετε τον προωθητικό κωδικό εκτός μαθήματος.

Με την ολοκλήρωση αυτών των βημάτων θα έχετε πλέον πρόσβαση στο συγκεκριμένο online course.

**Επιπλέον πληροφορίες:** [How to redeem a discount code](#).