



## Guia docent

# 230355 - GRACNIF - Introducció i Fonaments del Grafè i els Nanotubs de Carboni

Última modificació: 24/03/2017

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

**Unitat que imparteix:** 710 - EEL - Departament d'Enginyeria Electrònica.

**Titulació:** ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 1992). (Assignatura optativa).  
ENGINYERIA ELECTRÒNICA (Pla 1992). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2013). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA (Pla 2013). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2017

**Crèdits ECTS:** 2.5

**Idiomes:** Anglès

## PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Juan Miguel López-González

**Altres:** Juan Miguel López-González

## COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

### Específiques:

CEE12. Capacitat d'utilitzar dispositius semiconductors tenint en compte les seves característiques físiques i les seves limitacions.

CEE13. Capacitat d'analitzar i avaluar el funcionament a nivell físic dels principals dispositius i sensors, de les relacions entre magnituds en els seus terminals i dels seus circuits equivalents.

CEE14. Capacitat de relacionar un dispositiu electrònic amb la seva categoria de fabricació i d'entendre el procés de disseny del mateix.

CE13. Capacitat per aplicar coneixements avançats de fotònica i optoelectrònica, així com electrònica d'alta freqüència.

## METODOLOGIES DOCENTS

---

- Lectures
- Application classes
- Individual work (distance)
- Exercises to strengthen the theoretical knowledge.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

Learning objectives of the subject:

The aim of Graphene and Carbon Nanotubes Introduction and Fundamentals course is to introduce the basic device physics of carbon nanotubes (CNTs) and graphene necessary to understand the performance of modern electronic devices based on these materials. First, we study basic quantum mechanics of solids. Then we describe the physical and electronic structure and properties of graphene and CNTs. Finally we explained graphene and CNTs applications for: transistors, solar cells, sensors and NEMS.

Learning results of the subject:

- Ability to understand energy bands of solids.
- Ability to understand electrical properties of Graphene.
- Ability to analyse electrical properties of Carbon Nanotubes.
- Ability to understand electrical performance of modern electronic devices based on graphene and CNTs.



## HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	20,0	32.00
Hores aprenentatge autònom	42,5	68.00

**Dedicació total:** 62.5 h

## CONTINGUTS

### 1. Introduction of Graphene and CNT

**Descripció:**

- ? Course introduction
- ? Synthesis and characterization techniques
- ? Graphene

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h 30m

### 2. Quantum mechanics

**Descripció:**

- ? Introduction Quantum Mechanics
- ?  $E(k)$  dispersion equation
- ? Solids crystallography

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h

### 3. Graphene

**Descripció:**

- Lattice of Graphene
- Graphene energy dispersion bands
- Carrier densities
- Nanoribbons

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h



#### 4. Carbon Nanotubes

**Descripció:**

- Chirality and configuration of CNTs
- Metallic and semiconductor CNTs
- CNT energy bands, carrier velocities and density

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h

#### 5. Quantum electrical properties of Graphene and CNT

**Descripció:**

- ? Conductance, capacitance and inductance
- ? CNT resistance and transmission line models

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h

#### 6. Applications of Carbon Nanotubes

**Descripció:**

- ? CNT applications
- ? CNT Field Effect Transistors, CNTFET

**Dedicació:** 9 h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h

#### 7. Applications of Graphene

**Descripció:**

- ? Graphene FET
- ? Graphene electronics
- ? Graphene optoelectronics
- ? Graphene transistors review

**Dedicació:** 8 h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Exercises: 100 %



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Xia, F.; Yan, H.; Avouris, P. "The interaction of Light and Graphene: Basics, Devices, and Applications". Proceedings of the IEEE [en línia]. Vol. 101, No. 7, July 2013 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6514893>.
- Wong, Hon-Sum Philip; Akinwande, Deji. Carbon nanotube and graphene device physics. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9780521519052.
- Wu, Y ... [et al.]. "Graphene Electronics: Materials, Devices, and Circuits". Proceedings of the IEEE [en línia]. Vol. 101, No. 7, July 2013 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6519298>.

### Complementària:

- Ferrari, A.C. "Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems". Nanoscale [en línia]. 2015, núm 7, p. 4598-4810 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Title%3AScience%20and%20technology%20roadmap%20for%20graphene%2C%20related%20two-dimensional%20crystals%2C%20and%20hybrid%20systems>.

## RECURSOS

---

### Altres recursos:

- G.N. Dash, S.R. Pattanaik, S. Behera, "Graphene for Electron Devices: The Panorama of a Decade?", Journal of the Electron Devices Society, vol. 2 no. 5, September 2014. DOI: 10.1109/JEDS.2014.2328032.
- F. Schwierz, "Graphene Transistors: Status, Prospects, and Problems?", Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 7, July 2013.