

LE COURS DE PHYSIQUE DE FEYNMAN

Richard Feynman | Robert Leighton | Matthew Sands

NOUVELLE ÉDITION



ÉLECTROMAGNÉTISME 1



DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Préface à la nouvelle édition	V
Préface de Richard Feynman	XIII
Introduction	XVII
Chapitre 1. Électromagnétisme	1
1.1 Forces électriques	1
1.2 Champs électrique et magnétique	5
1.3 Caractéristiques des champs de vecteurs	6
1.4 Les lois de l'électromagnétisme	8
1.5 Que sont les champs?	14
1.6 L'électromagnétisme dans la science et la technologie	16
Chapitre 2. Calcul différentiel des champs de vecteurs	17
2.1 Comprendre la physique	17
2.2 Champs scalaires et vectoriels – T et h	18
2.3 Les dérivées des champs – le gradient	22
2.4 L'opérateur ∇	25
2.5 Opérations avec ∇	27
2.6 L'équation différentielle de la propagation de la chaleur	29
2.7 Les dérivées secondes des champs de vecteurs	30
2.8 Pièges	33
Chapitre 3. Calcul vectoriel intégral	35
3.1 Intégrales vectorielles ; l'intégrale curviligne de $\nabla\Psi$	35
3.2 Flux d'un champ vectoriel	37
3.3 Flux sortant d'un cube ; théorème de Gauss	40
3.4 Conduction de la chaleur ; l'équation de la diffusion	42
3.5 La circulation d'un champ de vecteurs	46
3.6 La circulation le long d'un carré ; théorème de Stokes	48
3.7 Champs à rotationnel et divergence nuls	50
3.8 Résumé	52
Chapitre 4. Électrostatique	55
4.1 Statique	55
4.2 Loi de Coulomb : superposition	57
4.3 Potentiel électrique	59
4.4 $E = -\nabla\phi$	63
4.5 Le flux de E	64
4.6 Théorème de Gauss ; la divergence de E	68
4.7 Champ d'une sphère chargée	70
4.8 Lignes de champ ; surfaces équipotentielles	71

apitre 5. Application du théorème de Gauss	75
L'électrostatique c'est le théorème de Gauss, plus...	75
2 Équilibre dans un champ électrostatique	75
3 Équilibre en présence de conducteurs	77
4 Stabilité des atomes	78
5 Le champ d'une charge linéique	79
5 Plan chargé ; deux plans chargés	80
7 Sphère chargée ; couche sphérique	81
8 Le champ dû à une charge ponctuelle est-il exactement en $1/r^2$?	83
9 Les champs d'un conducteur	87
0 Le champ dans une cavité d'un conducteur	89
apitre 6. Le champ électrique : exemples divers	91
Équations du potentiel électrostatique	91
2 Le dipôle électrique	92
3 Remarques sur les équations vectorielles	96
4 Le potentiel dipolaire considéré comme un gradient	97
5 L'approximation dipolaire pour une distribution quelconque	100
5 Le champ des conducteurs chargés	102
7 La méthode des images	103
8 Charge ponctuelle au voisinage d'un plan conducteur	104
9 Charge ponctuelle au voisinage d'une sphère conductrice	106
0 Condensateurs ; plaques parallèles	107
1 La décharge à haute tension	110
2 Le microscope à émission de champ	112
apitre 7. Le champ électrique : exemples divers (suite)	115
Méthodes de calcul du champ électrostatique	115
Champs à deux dimensions ; fonctions d'une variable complexe	117
Oscillations des plasmas	122
Particules colloïdales dans un électrolyte	125
Le champ électrostatique d'une grille	129
apitre 8. Énergie électrostatique	131
L'énergie électrostatique des charges. La sphère uniformément chargée	131
L'énergie d'un condensateur. Forces s'exerçant sur des conducteurs chargés	133
L'énergie électrostatique d'un cristal ionique	137
Énergie électrostatique dans les noyaux	140
Énergie dans le champ électrostatique	145
L'énergie d'une charge ponctuelle	148
apitre 9. L'électricité dans l'atmosphère	151
Le gradient de potentiel électrique de l'atmosphère	151
Courants électriques dans l'atmosphère	152
Origine des courants atmosphériques	155
Les orages	157
Le mécanisme de la séparation des charges	161
La foudre	166

Chapitre 10. Les diélectriques	171
10.1 La constante diélectrique	171
10.2 Le vecteur polarisation P	173
10.3 Charges de polarisation	174
10.4 Les équations électrostatiques en présence de diélectriques	178
10.5 Champs et forces en présence de diélectriques	180
Chapitre 11. À l'intérieur des diélectriques	185
11.1 Dipôles moléculaires	185
11.2 Polarisation électronique	185
11.3 Molécules polaires ; polarisation d'orientation	189
11.4 Champs électriques dans les cavités d'un diélectrique	192
11.5 La constante diélectrique des liquides ; la formule de Clausius-Mossotti	195
11.6 Les diélectriques solides	197
11.7 Ferroélectricité ; BaTiO_3	198
Chapitre 12. Analogies électrostatiques	205
12.1 Les mêmes équations admettent les mêmes solutions	205
12.2 La propagation de la chaleur ; une source ponctuelle près d'une frontière plane infinie	206
12.3 La membrane tendue	211
12.4 La diffusion des neutrons ; une source sphérique uniforme dans un milieu homogène	214
12.5 Écoulement irrotationnel d'un fluide ; écoulement autour d'une sphère	217
12.6 Éclairement : l'éclairement uniforme d'un plan	220
12.7 L'« unité profonde » de la nature	222
Chapitre 13. Magnétostatique	225
13.1 Le champ magnétique	225
13.2 Le courant électrique ; la conservation de la charge	226
13.3 Force magnétique agissant sur un courant	228
13.4 Le champ magnétique des courants continus ; théorème d'Ampère	229
13.5 Le champ magnétique d'un fil rectiligne et d'un solénoïde ; courants atomiques	231
13.6 La relativité des champs magnétiques et électriques	234
13.7 La transformation des courants et des charges	241
13.8 Superposition ; la règle de la main droite	242
Chapitre 14. Le champ magnétique : exemples divers	245
14.1 Le potentiel vecteur	245
14.2 Le potentiel vecteur de courants connus	249
14.3 Un fil rectiligne	250
14.4 Un long solénoïde	252
14.5 Le champ créé par une petite boucle ; le dipôle magnétique	254
14.6 Le potentiel vecteur d'un circuit	257
14.7 La loi de Biot et Savart	258

Chapitre 15. Le potentiel-vecteur	261
15.1 Les forces agissant sur un circuit fermé parcouru par un courant ; l'énergie d'un dipôle	261
15.2 Énergies mécaniques et électriques	265
15.3 L'énergie des courants continus	268
15.4 B contre A	269
15.5 Le potentiel-vecteur et la mécanique quantique	272
15.6 Ce qui est vrai en statique est faux en dynamique	280
Chapitre 16. Courants induits	285
16.1 Moteurs et générateurs	285
16.2 Transformateurs et inductances	290
16.3 Forces agissant sur les courants induits	292
16.4 La technologie électrique	298
Chapitre 17. Les lois de l'induction	303
17.1 La physique de l'induction	303
17.2 Exceptions à la « règle du flux »	305
17.3 Accélération des particules par un champ électrique induit ; le bêatron	307
17.4 Un paradoxe	310
17.5 Générateur de courant alternatif	311
17.6 Inductance mutuelle	315
17.7 Auto-inductance	318
17.8 Inductance et énergie magnétique	320
Chapitre 18. Les équations de Maxwell	327
18.1 Équations de Maxwell	327
18.2 Comment agit le nouveau terme	330
18.3 Toute la physique classique	332
18.4 Un champ qui se déplace	333
18.5 La vitesse de la lumière	338
18.6 Résolution des équations de Maxwell ; les potentiels et l'équation d'onde	339
Chapitre 19. Le principe de moindre action	345
Chapitre 20. Solutions des équations de Maxwell dans le vide	367
20.1 Ondes dans le vide ; ondes planes	367
20.2 Ondes à trois dimensions	377
20.3 Imagination scientifique	379
20.4 Ondes sphériques	382
Chapitre 21. Solutions des équations de Maxwell en présence de charges et de courants	389
21.1 Lumière et ondes électromagnétiques	389
21.2 Ondes sphériques issues d'une source ponctuelle	391
21.3 La solution générale des équations de Maxwell	394
21.4 Champs d'un dipôle oscillant	395
21.5 Les potentiels d'une charge en mouvement ; solution générale de Liénard et Wiechert	401
21.6 Les potentiels d'une charge se déplaçant à vitesse constante, formule de Lorentz	405
Index	409

LE COURS DE PHYSIQUE DE FEYNMAN

Richard Feynman | Robert Leighton | Matthew Sands

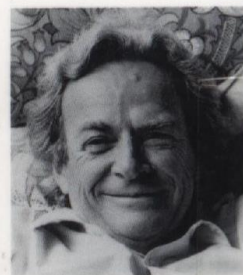
NOUVELLE ÉDITION

ÉLECTROMAGNÉTISME 1

L'ampleur du succès qu'a rencontré le « Cours de physique de Feynman » dès sa parution s'explique par son caractère fondamentalement novateur. Richard Feynman, qui fut professeur d'université dès l'âge de vingt-quatre ans, a exprimé dans ce cours, avant d'obtenir le prix Nobel de Physique, une vision expérimentale et extrêmement personnelle de l'enseignement de la physique. Cette vision a, depuis, remporté l'adhésion des physiciens du monde entier, faisant de cet ouvrage un grand classique.

Ce cours en cinq volumes (*Électromagnétisme 1 et 2, Mécanique 1 et 2, Mécanique quantique*) s'adresse aux étudiants de tous niveaux qui y trouveront selon leurs besoins, aussi bien les notions de base débarrassées de tout appareil mathématique inutile, que les avancées les plus modernes de cette science passionnante qu'est la physique.

Cette **nouvelle édition corrigée** bénéficie d'une mise en page plus aérée pour un meilleur confort de lecture.



Richard Feynman a été professeur à l'université Cornell puis au CalTech (California Institute of Technology).

Lors de la rédaction du cours, **Robert Leighton** enseignait au CalTech et **Matthew Sands** à l'université Stan

Traduit de l'anglais (États-Unis) par Marie-Louise Dubois et Annette Crémier



9 782100 703968

6279327

ISBN 978-2-10-070396-8

