



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

БЗЗ.8к

Г83

Дэвид Дж. Гриффитс

# ЭЛЕКТРОДИНАМИКАҒА

## КІРІСПЕ

Алматы, 2013

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

---

**Дэвид Дж. Гриффитс**

**ЭЛЕКТРДИНАМИКАҒА  
КІРІСПЕ**

*Оқулық*

---

**Алматы, 2013**

## МАЗМҰНЫ

Қазақ басылымына алғы сөз.....	11
Кіріспе.....	12
Түсініктеме .....	14
<b>1. ВЕКТОРЛЫҚ ТАЛДАУ</b>	
1.1. Векторлық алгебра.....	19
1.1.1. Векторлық амалдар .....	19
1.1.2. Векторлық алгебра: компонент түрлері.....	23
1.1.3. Үштік көбейтулер .....	25
1.1.4. Векторлардың орналасуы, ауытқуы және бөлінуі.....	27
1.1.5. Векторлар қалай түрленеді .....	28
1.2. Дифференциалдық есептеулер.....	32
1.2.1. «Қарапайым» туындылар.....	32
1.2.2. Градиент .....	32
1.2.3. Дел (del) операторы.....	35
1.2.4. Дивергенция.....	36
1.2.5. Ротор.....	38
1.2.6. Көбейту ережелері.....	39
1.2.7. Екінші реттік туынды.....	42
1.3. Интегралдық есептеулер.....	44
1.3.1. Сызықты, беттік және көлемдік интегралдар.....	44
1.3.2. Есептеудің фундаменталдық теоремасы.....	49
1.3.3. Градиентке арналған фундаменталдық теорема.....	49
1.3.4. Дивергенцияның фундаменталдық теоремасы.....	54
1.3.5. Ротордың фундаменталдық теоремасы .....	57
1.4. Қисық сызықты координат жүйелері.....	58
1.4.1. Сфералық координат жүйесі.....	58
1.4.2. Цилиндрлік координат жүйесі.....	63
1.5. Дирак дельта функциясы.....	65
1.5.1. $\hat{r} / r^2$ дивергенциясы.....	65
1.5.2. Бір өлшемді Дельта функциясы.....	67
1.5.3. Үш өлшемді Дельта функциясы.....	71
1.6. Векторлық өрістер теориясы.....	73
1.6.1. Гельмгольц теоремасы.....	73
1.6.2. Потенциалдар.....	74

## 2. ЭЛЕКТРСТАТИКА

2.1. Электр өрісі .....	80
2.1.1. Кіріспе .....	81
2.1.2. Кулон заңы .....	81
2.1.3. Электр өрісі .....	82

2.1.4. Үздіксіз зарядтың үлестірілуі .....	84
2.2. Электрстатикалық өрістердің дивергенциясы мен роторы.....	87
2.2.1. Өріс сызықтары, ағын және Гаусс заңы.....	87
2.2.2. Е-нің дивергенциясы.....	91
2.2.3. Гаусс заңының қолданылуы .....	92
2.2.4. Е-нің роторы (күйыны).....	98
2.3. Электр потенциалы.....	99
2.3.1. Потенциалға кіріспе .....	99
2.3.2. Потенциалға түсіндірме.....	101
2.3.3. Пуассон теңдеуі және Лаплас теңдеуі .....	105
2.3.4. Локалді зарядтардың үлестірілуінің потенциалы .....	105
2.3.5. Шекаралық шарттар .....	110
2.4. Электрстатикадағы жұмыс және энергия .....	112
2.4.1. Зарядты қозғалту үшін қажет жұмыс .....	112
2.4.2. Нүктелік заряд үлестірілуінің энергиясы .....	113
2.4.3. Үзіліссіз заряд таралымының энергиясы .....	116
2.4.4. Электрстатикалық энергияға ескертпелер .....	118
2.5. Өткізгіштер.....	119
2.5.1. Негізгі қасиеттері .....	119
2.5.2. Туындайтын зарядтар .....	121
2.5.3. Беттік заряд мен өткізгіштегі күш .....	125
2.5.4. Конденсаторлар.....	127

### 3. ПОТЕНЦИАЛДАР

3.1. Лаплас теңдеуі.....	135
3.1.1. Кіріспе.....	135
3.1.2. Бір-өлшемдегі Лаплас теңдеуі .....	136
3.1.3. Екі-өлшемдегі Лаплас теңдеуі .....	137
3.1.4. Үш-өлшемдегі Лаплас теңдеуі .....	138
3.1.5. Шекаралық шарттар және даралық теоремасы .....	140
3.1.6. Өкізгіштер және екінші даралық теоремасы .....	143
3.2. Кескіндеу әдісі .....	146
3.2.1. Классикалық кескіндеу мәселесі .....	146
3.2.2. Өткізгіш бетінде туындаған заряд .....	147
3.2.3. Күш және энергия .....	148
3.2.4. Басқа кескіндеу мәселелері .....	149
3.3. Айнымалыларды бөлу .....	152
3.3.1. Декарт координаталары .....	152
3.3.2. Сфералық координаталар .....	167
3.4. Мультиполь жіктелуі .....	172
3.4.1. Ұзақ қашықтықтағы жуықталатын потенциалдар .....	172
3.4.2. Монополь және диполь .....	175
3.4.3. Мультиполь жіктелуіндегі координаталардың басы .....	178
3.4.4. Дипольдің электр өрісі .....	179

## **4.МАТЕРИЯДАҒЫ ЭЛЕКТР ӨРІСІ**

4.1.Поляризация.....	190
4.1.1.Диэлектриктер.....	190
4.1.2. Туындаған дипольдер .....	190
4.1.3. Полярлы молекулалардың реттелуі .....	193
4.1.4.Поляризация.....	196
4.2. Поляризацияланған заттың өрісі .....	196
4.2.1. Байланысқан зарядтар .....	196
4.2.2. Байланысқан зарядтардың физикалық түсіндірмесі .....	200
4.2.3. Диэлектрик ішіндегі өріс .....	203
4.3. Электрлік ығысу .....	205
4.3.1. Диэлектрик болғандағы Гаусс заңы .....	205
4.3.2. Алдамшы параллель .....	208
4.3.3.Шекаралық шарттар .....	209
4.4.Сызықтық диэлектриктер .....	210
4.4.1.Алғырлық, өтімділік, диэлектрик тұрақтысы .....	210
4.4.2.Сызықтық диэлектриктердегі шектік мәндегі мәселелер .....	217
4.4.3.Диэлектрик жүйелердің энергиясы .....	222
4.4.4.Диэлектрикке әсер ететін күш .....	227

## **5. Магнитостатика**

5.1.Лоренц күші заңы .....	236
5.1.1.Магнит өрістері .....	236
5.1.2.Магниттік күштер .....	238
5.1.3.Ток .....	242
5.2.Био-Савар заңы .....	249
5.2.1.Тұрақты ток .....	249
5.2.2.Тұрақты токтың магнит өрісі .....	250
5.3.В-ның дивергенциясы мен роторы .....	255
5.3.1.Түзу сызықты токтар .....	255
5.3.2.В-ның дивергенциясы мен роторы .....	257
5.3.3.Ампер заңы .....	259
5.3.4.Магнитстатика мен электрстатиканы салыстыру .....	266
5.4.Магниттің векторлық потенциалы .....	269
5.4.1.Векторлық потенциал .....	269
5.4.2.Шекаралық шарттар .....	276
5.4.3.Векторлық потенциалдың мультиполь жіктелуі .....	278

## **6.МАТЕРИЯДАҒЫ МАГНИТ ӨРІСІ**

6.1.Магниттелу.....	294
6.1.1.Диамagnetиктер, парамагнетиктер, ферромагнетиктер .....	294
6.1.2.Айналма және магниттік дипольге түсетін күштер .....	294
6.1.3. Атом орбиталарына магнит өрісінің әсері .....	299
6.1.4.Магниттелу.....	301

6.2.1. Байланысқан токтар .....	302
6.2.2. Байланысқан токтардың физикалық мәні .....	305
6.2.3. Материя ішіндегі магнит өрісі .....	307
6.3. Жәрдемші Н өрісі .....	307
6.3.1. Магниттелген материалдардағы Ампер заңы .....	311
6.3.2. Алдамшы параллель .....	312
6.3.3. Шекаралық шарттар .....	313
6.4. Сызықтық және сызықтық емес орта .....	313
6.4.1. Магниттік алғырлық және өтімділік .....	316
6.4.2. Ферромагнетизм .....	

## 7. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

7.1. Электр қозғаушы күш .....	324
7.1.1. Ом заңы .....	324
7.1.2. Электр қозғаушы күш .....	331
7.1.3. Динамикалық экк. ....	333
7.2. Электрмагниттік индукция .....	340
7.2.1. Фарадей заңы .....	340
7.2.2. Туындайтын электр өрісі .....	345
7.2.3. Индукция .....	350
7.2.4. Магнит өрістеріндегі энергия .....	356
7.3. Максвелл теңдеулері .....	361
7.3.1. Максвелге дейінгі электродинамика .....	361
7.3.2. Максвелл Ампер заңын қалай түзетті? .....	363
7.3.3. Максвелл теңдеулері .....	367
7.3.4. Магниттік заряд .....	368
7.3.5. Материядағы Максвелл теңдеулері .....	369
7.3.6. Шекаралық шарттар .....	377

## 8. САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ

8.1. Заряд және энергия .....	386
8.1.1. Үздіксіздік теңдеуі .....	386
8.1.2. Пойнтинг теоремасы .....	387
8.2. Импульс .....	390
8.2.1. Электродинамикадағы Ньютонның үшінші заңы .....	390
8.2.2. Максвелдің қысым тензоры .....	391
8.2.3. Импульстің сақталуы .....	396
8.2.4. Бұрыштық импульс .....	400
8.3. Магнит күштері жұмыс атқармайды .....	403

## 9. ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАР

9.1. Бір-өлшемді толқындар .....	413
9.1.1. Толқындық теңдеу .....	413
9.1.2. Синусоидалық толқындар .....	416
9.1.3. Шекаралық шарттар: шағылу және өту .....	419