موقع الفريد في الفيزياء

فيزياء الحالة الصلبة وتطبيقاتها

المرجع الشامل(طبعة منقحة وشاملة)

تأليف

أ.د. يسرى مصطفى
جامعة أم القرى

أ.د. احمد الغامدى
جامعة الملك عبد العزيز

1434 هـ

مقدمة

أن التحدي الحقيقي الذي تواجهه الشعوب العربية هو الاهتمام باللغة العربية والهروب من بئر الحصار الثقافي الذي نعيشه اليوم وذلك بتعريب مختلف العلوم حتى تتحقق الاستفادة المرجوة والتحول من دور المتلقي إلى دور المنتج وبالتالي نفتح الباب أمام المبدعين. ولا يغيب عن الكثيرين منا أن حركة التعريب تسير متباطئة جدا وربما تحارب أحيانا من قبل الغرب وخاصة فى مجال العلوم الأساسية حتى وصل الأمر إلى خلو المكتبة العربية من المراجع العربية فى معظم تخصصات الفيزياء اللهم إلا من عدد قليل جدا من محاولات بعض العلماء المخلصين الذين نالوا شرف المسئولية والسير على الدرب الصحيح.

يرجع الفضل فى النهضة العلمية التى نعيشها الآن إلى التقدم الذي أحرزه العلماء فى مجال فيزياء الحالة الصلبة وما ترتب على ذلك من ظهور علم المواد الذي استفاد من مختلف المواد فى تصميم العديد من المواد التى لها تطبيقات تكنولوجية أدت إلى قفزة عملاقة فى مختلف مناحي الحياة فقد نال علم فيزياء الحالة الصلبة اهتماما كبير لتنوع تطبيقاته وتعدد مجالاته.

أساس هذا الكتاب هو محاضرات لمقررات فيزياء الحالة الصلبة أعطيت من قبل المؤلف الاول لطلاب السنوات الأخيرة بقسم الفيزياء بكلية العلوم وقد وضع هذا الكتاب بشكل ملائم للطلبة الجامعيين ولا يدعى الأصالة فى المحتوى أو فى شكل العرض ولكن تم اختيار مادته لكي تؤكد الطرق الأساسية لدراسة الخصائص الفيزيائية للمادة الصلبة واعتماد هذه الخصائص على التركيب البنائى للمادة، حيث تم عرض محتوياته بشكل تربوي شيق ليسهل تناول مادته العلمية وليكون مرجعا مفيدا لطلاب الفيزياء والكيمياء بكليات العلوم وأيضا للطلاب المهتمين بدراسة علوم المواد فى كليات الهندسة أو المعاهد الفنية العليا.

ظهر الجزء الأول من هذا الكتاب (الطبعة الأولى، والتى تتضمن الأبواب من 1 إلى 8) بواسطة الدار الأكاديمية للطباعة و التأليف و الترجمة والنشر–طرابلس– الجماهيرية العظمى عام 2007 و نظراً لتأخر طباعة الجزء الثاني منفصلا (والذي يتضمن الأبواب من 9 إلى 16) جاءت فكرة ضم الجزئين معاً للتسهيل على القارئ تناول المواضيع المختلفة. هذا بالإضافة الى تنقيح الكثير من المواضيع وإضافة الباب السابع عشر والذى يتناول بعض التفاصيل التجريبية للعديد من الخصائص الفيزيائية ليصبح هذا الكتاب مرجعا شاملا.

ويتميز هذا الكتاب باستهلال كل باب بالأهداف التى يجب أن يحققها الطالب بعد استكمال دراسة الباب، كما

يتميز بغزارة مادته، وتكامل معلوماته، وشمول عرضه، وعمق تناوله ووفرة رسومه التوضيحية وكثرة الأمثلة المحلولة، كما تم تذييل كل باب بملخص مبسط بالإضافة إلى المسائل والتمارين فى نهاية الباب.

يحتوى هذا الكتاب على سبعة عشر باب تغطى جميعها معظم مجالات فيزياء الحالة الصلبة يشمل الباب الأول مراجعة مختصرة لبعض المفاهيم التى يحتاجها الدارس مثل الارتباط الذرى ونظرية الأنطقة كما يعالج قوى الربط بين الذرات و أنواع الروابط و حركية التنوى و الطرق المعملية لإنماء البلورات ويعالج البابان الثاني والثالث خصائص التركيب البلوري للحالة الصلبة والأنظمة والاتجاهات البلورية وأمثلة لتركيب بعض المواد المهمة يعالج الباب الرابع أنواع العيوب التركيبية فى المواد المتبلورة ويشمل الباب الخامس دراسة حيود الأشعة السينية، النيوترون والإلكترون في البلورات ومختلف الطرق المعملية لدراسة التشتت كما يعالج الباب السادس اهتزازات الشبيكة بواسطة الموجات المرنة وحساب أنماط الاهتزاز وكثافة الحالات في الشبيكة ثم دراسة امتصاص الأشعة تحت الحمراء بواسطة البلورة يهتم الباب السابع بالخصائص الحرارية للشبيكة مثل الحرارة النوعية والسعة الحرارية والتوصيل والتمدد الحرارى وأخيرا يعالج الباب الثامن النظرية التقليدية لغاز الإلكترون الحر فى الفلزات ودراسة الخصائص الكهربية للمعادن

يشمل الباب التاسع على مناقشة منشأ ونظرية حزم الطاقة فى المواد الصلبة، بينما يعرض الباب العاشر طرق حساب ودراسة خصائص هذه الحزم يناقش الحادي عشر خصائص العزل الكهربي فى المواد الصلبة، بينما يعالج الباب الثانى عشر الخصائص المغناطيسة وتصنيف المواد الصلبة يناقش الباب الثالث عشر ظاهرة التوصيل الفائق فى المواد الصلبة وبعض التطبيقات للمواد فائقة التوصيل وفى الباب الرابع عشر تمت دراسة المواد الصلبة شبه الموصلة وبعض تطبيقات هذه المواد

فى البابين الخامس عشر و السادس عشر تم الربط بين فيزياء الحالة الصلبة وبعض المجالات الأخرى مثل الكيمياء و الاحياء، حيث تم فى الباب لخامس عشر مناقشة كيمياء الحالة الصلبة و التى استفادت من نظريات الفيزياء بشكل مباشر مثل دراسة التركيب و الخصائص لكل من الزجاج والبوليمرات والبلورات السائلة وفى الباب السادس عشر تم مناقشة الفيزياء الحيوية للحالة الصلبة وعرض المواد الصلبة التى لها نشاط و توافق حيوي و التى حظيت بتطبيق واسع الانتشار، مع دراسة الخصائص الالكترونية لبعض المواد الحيوية

تم تخصيص باب مستقل (الباب السابع عشر) لتقديم نبذة مختصرة عن بعض التفاصيل التجريبية لقياس بعض الظواهر والكميات الفيزيائية و التى تساعد فى تأسيس معمل فيزياء الحالة الصلبة فى الجامعات والمعاهد البحثية إن هذا الباب

لا يعين الدارس فى هذا المجال فقط بل يمد يد العون الى الباحثين و طلاب الدراسات العليا أيضا.

سيجد الدارس فى نهاية الكتاب مسرد للمصطلحات العلمية و التى يتجاوز عددها الخمسمائة مصطلح، مرتبة طبقا للأبجدية العربية، هذا بالإضافة إلى بعض الملاحق المفيدة و التى تخدم الدارس وهى مراجعة على ميكانيكا الكم وعلى الميكانيكا الإحصائية و بعض التكاملات القياسية والتقريبات الرياضية و ملخص للوحدات الأساسية طبقا للنظام الدولي للوحدات SI وبعض العلاقات وقيم الثوابت الفيزيائية

مما لا شك فيه أن هذا الكتاب يسد حاجة ماسة فى المكتبة العربية فى مجال الفيزياء، وأرجو من الله أن نكون قد قدمنا لأبنائنا الطلاب يد العون من خلال هذا الجهد المتواضع وأن نكون قد أضفنا لبنة فى صرح تعريب العلوم والله الموفق

المؤلفون

موقع الفريد في الفيزياء

جدول محتويات

الباب الأول النظرية الذرية وقوى الربط	1
1-1 مقدمة	4
1-2 مراجعة للتركيب الذرى	5
1-2-1 تركيب الذرات	6
1-2-2 ذرة الهيدروجين	7
1-2-3 الشكل المدارى والأعداد الكمية	10
1-2-4 الذرات المتعددة الإلكترونات والجدول الدورى	12
1-2-5 وحدة الكتل الذرية	16
1-2-6 المول	17
1-2-7 بعض الحسابات البسيطة	17
1-2-8 الميل الإلكتروني	18
1-2-9 السالبية الكهربية	19
1-3 الارتباط الذرى ونظرية الأنطقة	19
1-4 قوى الربط بين الذرات	20
1-4-1 حسابات طاقة الشبيكة	22
1-4-2 دورة بورن-هابير	25
1-5 أنواع الروابط	26
1-5-1 الرابطة الأيونية	26
1-5-2 الرابطة التساهمية	31
1-5-3 الرابطة الفلزية	34
1-5-4 الرابطة الجزيئية	36
1-5-5 الرابطة الهيدروجينية	37
1-6 حركية التنوى والنمو البلوري	39
1-6-1 التنوى المتجانس	42
1-6-2 التنوى المتباين التجانس	45
1-6-3 الإنماء البلورى و معدل التحول الطورى	48
1-7 الطرق المعملية للإنماء البلوري	50
1-7-1 طريقة بريدجمان	51
1-7-2 طريقة التنمية من المصهور	52
1-7-3 طريقة الصهر النطاقى	53
1-7-4 طريقة نمو الغشاء المحدد الحدود بواسطة تغذية	55
ملخص الباب	57

أسئلة وتمارين 60

الباب الثاني التركيب البلوري 61

2-1 الانتظام المحدود والانتظام الممتد 64

2-2 الحالة المتبلورة 67

2-3 تعريفات أساسية 69

2-3-1- الشبيكة الفراغية 68

2-3-2 متجهات الأساس 70

2-3-3 الشبيكة البلورية 71

2-3-4 خلية الوحدة 73

2-3-5 الخلايا الأولية وغير الأولية 74

2-3-6 متغيرات الشبيكة لوحدة الخلية 76

2-4 الأنظمة البلورية السبعة 77

2-5 خلية فيجنر-زايتس الأولية 79

2-6 عناصر التماثل في البلورات 81

2-6-1 محور التماثل 81

2-6-2 مستوى التماثل 83

2-6-3 مركز التماثل 84

2-6-4 مركز الانقلاب 84

2-6-5 مستوى الانعكاس 84

2-6-6 محور الدوران 85

2-6-7 مستوى الانزلاق 85

2-6-8 حول رتبة التماثل 85

2-7 أنظمة المستويات المهمة في فصيلة المكعبى 87

2-8 أدلة ميلر 90

2-8-1 أدلة ميلر للمستويات البلورية 90

2-8-2 أدلة ميلر في فصيلة السداسي 97

ملخص الباب 99

أسئلة وتمارين 101

الباب الثالث الخصائص البلورية 105

3-1 الاتجاهات البلورية 108

3-2 المسافة الفاصلة بين المستويات المتوازية 110

3-3 العلاقة بين المسافة الفاصلة بين المستويات المتوازية وثابت الشبيكة للمكعب 112

3-4 النطاق ومحور النطاق 114

3-5 الزوايا بين النطاقات 118
3-6 التركيب الذرى للبلورات 119
3-6-1 عدد الذرات في وحدة الخلية 119
3-6-2 الكثافة الذرية لمستويات البلورة 123
3-6-3 عدد التناسق للذرة 125
3-6-4 العوامل التي تؤثر على تركيب 126
3-7 العبوة المتراصة المكعبية والسداسية 130
3-8 خصائص التركيب المكعبى المتمركز الأوجه والمتمركز الجسم 135
3-9 التركيب البلوري لبعض البلورات البسيطة 135
3-10 حول طاقة الترابط فى البلورة الأيونية 142
ملخص الباب 147
أسئلة وتمارين 149
الباب الرابع العيوب التركيبية في البلورات 153
4-1 مقدمة 156
4-2 العيوب النقطية 157
4-2-1 العيوب النقطية وترميزها 159
4-2-2 الديناميكا الحرارية لتكون العيب النقطى فى البلورات العنصرية 163
4-3 العيوب النقطية في البلورات الأيونية 166
4-3-1 فراغات شوتكى 168
4-3-2 فراغات فرنكل 171
4-4 تفاعلات العيب 179
4-5 العيوب الخطية 191
4-5-1 انخلاع الحافة 195
4-5-2 الانخلاع اللولبي 195
4-5-3 متجه ودائرة بيرجر 196
4-6 العيوب المستوية 197
4-6-1 الأسطح الحرة 197
4-6-2 حدود الحبيبة 198
4-6-3 حدود الطور 200
4-6-4 عيوب الرص 202
4-7 تعيين تركيز وطاقة التنشيط لتكوين الفراغ 202
4-8 تعيين طاقة تكون الفراغ عمليا 206

موقع الفريد في الفيزياء

ملخص الباب	210
أسئلة وتمارين	212
الباب الخامس حيود الأشعة السينية في البلورات	215
5-1 مقدمة	218
5-2 الأشعة المستخدمة لدراسة التركيب البلوري	218
5-3 توليد وخصائص الأشعة الشينية	221
5-3-1 توليد الأشعة السينية	221
5-3-2 خصائص طيف الأشعة السينية	223
5-4 تشتت الأشعة السينية من ذرة	226
5-5 تشتت الأشعة السينية من بلورة	232
5-5-1 عامل التركيب البنائى للشبيكة	233
5-6 الشبيكة الانقلابية	237
5-6-1 خلية بريليون الأولى	239
5-6-2 خلية بريليون الأولى للمكعب البسيط	240
5-7 استخدام الأشعة السينية في التحليل البنائى للمادة الصلبة	245
5-7-1 الحيود وقانون براغ	245
5-7-2 قواعد الاختيار لقمم الحيود في الأنظمة المكعبية	248
5-8 الطرق المعملية لحيود الأشعة السينية	250
5-8-1 طريقة لاو	251
5-8-2 طريقة المسحوق	253
5-8-3 طريقة البلورة الدوارة	259
5-8-4 طريقة مطياف الحيود	261
أمثلة عامة	263
ملخص الباب	267
أسئلة وتمارين	271
الباب السادس اهتزازات الشبيكة البلورية	275
6-1 مقدمة	278
6-2 الموجات المرنة	279
6-3 أنماط الاهتزاز وكثافة الحالات للوسط المتصل	283
6-3-1 حالة البعد الواحد	283
6-3-2 حالة الأبعاد الثلاثة	286
6-4 الفونون	289
6-5 التشتت المرن والتشتت غير المرن	292

6-6 موجات الشبيكة أحادية الذرة أحادية البعد 294
6-6-1 علاقة الانتشار 294
6-6-2 مدى الأمواج الطويلة 297
6-6-3 سرعة الطور والمجموعة 299
6-6-4 التماثل في فضاء-q: منطقة بريليون الأولى 301
6-6-5 عدد الأنماط في المنطقة الأولى 303
6-7 أنماط اهتزاز الشبيكة ثنائية الذرة أحادية البعد 304
6-8 أنماط اهتزاز الشبيكة ثلاثية الأبعاد 308
6-9 كثافة الحالة في الشبيكة 311
6-10 امتصاص البلورات للأشعة تحت الحمراء 314
ملخص الباب 316
أسئلة وتمارين 319
الباب السابع الخصائص الحرارية للشبيكة البلورية 321
7-1 الحرارة النوعية 324
7-1-1 نموذج اينشتاين للحرارة النوعية 326
7-1-2 نموذج ديباى للحرارة النوعية 330
7-1-3 نقد نظرية ديباى 338
7-2 الحرارة النوعية طبقا للنظرية الكاملة 341
7-3 السعة الحرارية للجسم الصلب 342
7-4 السعة الحرارية للغاز الإلكتروني 345
7-5 التوصيلية الحرارية للجسم الصلب 348
7-6 التمدد الحراري 355
ملخص الباب 356
أسئلة وتمارين 360
الباب الثامن نظرية الإلكترون الحر في الفلزات 363
8-1 مقدمة 367
8-2 منشأ الكترونات التوصيل 368
8-3 النموذج التقليدي لغاز الإلكترونات الحرة 369
8-4 التوصيلية الكهربية للفلزات طبقا للنموذج التقليدي 372
8-5 اعتماد التوصيلية الكهربية على درجة الحرارة 378
8-6 السعة الحرارية طبقا لنموذج غاز الالكترونات الحرة 382
8-7 سطح فيرمى 385

موقع الفريد في الفيزياء

8-8 تأثير سطح فيرمى على التوصيلية الكهربية 387
8-9 التوصيلية الحرارية فى المعادن 389
8-10 حركة الالكترونات فى المجال المغناطيسي 391
8-10-1 تأثير هول 391
8-10-2 رنين السيكلوترون 394
8-11 التوصيلية الكهربية المترددة والخصائص الضوئية 395
8-12 الانبعاث الايونى الحرارى 400
8-13 فشل نموذج الإلكترون الحر 403
ملخص الباب 403
أسئلة وتمارين 407
الباب التاسع نظرية الحزم فى المواد الصلبة 409
9-1 مقدمة 412
9-2 حزم الطاقة فى المواد الصلبة 412
9-2-1 منشأ حزم الطاقة 412
9-2-2 تصنيف المواد الصلبة 416
9-3 نظرية بلوخ لحزم الطاقة 418
9-4 خصائص تماثل حزم الطاقة فى فضاء-K 423
9-4-1 مناطق بريليون 424
9-4-2 خصائص التماثل 426
9-4-3 عدد الحالات فى حزمة الطاقة 429
9-5 نموذج كرونيج و بينى لحساب حزم الطاقة 430
9-6 نموذج الإلكترون شبه-الحر لحساب حزم الطاقة 436
9-6-1 نموذج الشبيكة الفارغة 437
9-6-2 نموذج الإلكترون شبه-الحر 439
9-6-3 فجوة الطاقة وانعكاس براغ 445
9-7 نموذج الترابط الوثيق 447
ملخص الباب 456
أسئلة وتمارين 457
الباب العاشر طرق حساب وخصائص حزم الطاقة 459
10-1 مقدمة 462
10-2 طرق حساب حزم الطاقة 462
10-2-1 الطريقة الخلوية 463
10-2-2 طريقة الأمواج المستوية المدموجة 465

10-2-3 طريقة الجهد الشبيه 466
10-3 كثافة الحالات 468
10-4 سطح فيرمى فى الفلزات 472
10-5 تعيين سرعة إلكترون بلوخ فى المواد الصلبة 478
10-6 حركة الإلكترون فى مجال كهربي والكتلة الفعالة 481
10-7 منشأ الكتلة الفعالة 483
10-8 الزخم البلوري 486
10-9 الفجوة والتوصيلية الكهربية 488
10-10 رنين السيكلوترون وتأثير هول 494
10-10-1 رنين السيكلوترون 494
10-10-2 تأثير هول 495
10-11 نقد نظرية حزم الطاقة 497
ملخص الباب 501
أسئلة وتمارين 503
الباب الحادي عشر خصائص العزل الكهربي فى المواد الصلبة 505
11-1 مقدمة 508
11-2 علاقات عامة فى الكهربية الساكنة 509
11-2-1 سعة المكثف 509
11-2-2 عزم ثنائى القطب الكهربى 510
11-2-3 الاستقطاب 512
11-2-4 قانون كولوم والمجال الكهربى 515
11-3 الاستقطاب و الإستقطابية 516
11-4 المجال الموضعى 519
11-5 مصادر وأنواع الإستقطابية 525
11-5-1 الإستقطابية الإلكترونية 526
11-5-2 الإستقطابية الأيونية 529
11-5-3 إستقطابية ثنائيات القطب (القطبية) 531
11-6 تصنيف المواد الصلبة والسائلة طبقاً لثابت العزل 535
11-6-1 مواد قطبية 535
11-6-2 مواد أيونية غير قطبية 538
11-6-3 مواد غير أيونية غير قطبية (إلكترونية) 538
11-7 خصائص المواد العازلة مع المجال المتردد 538

11-7-1 فقد العزل 538
11-7-2 الإستقطابية المترددة 541
11-8 الكهروحديدية 548
11-9 الظاهرة الكهروضغطية 552
ملخص الباب 555
أسئلة وتمارين 558
الباب الثاني عشر الخصائص المغناطيسية للمواد الصلبة 561
12-1 بعض المفاهيم الأساسية 564
12-1-1 المجال المغناطيسى 564
12-1-2 الفيض المغناطيسى 566
12-1-3 العزم المغناطيسى 567
12-1-4 ثنائى القطب المغناطيسى 568
12-2 منشأ المغناطيسية فى المواد الصلبة 569
12-3 التقبلية المغناطيسية 572
12-4 تصنيف المواد المغناطيسية 573
12-5 المواد الدايامغناطيسية ونظرية لانجفين 576
12-6 المواد البارامغناطيسية 580
12-7 التقبلية المغناطيسية لباولى 587
12-8 المواد الحديدومغناطيسية 590
12-9 تقسيم المواد الحديدومغناطيسية 594
12-10 المناطق المغناطيسية 597
12-10-1 تعريف المناطق المغناطيسية 597
12-10-2 منحنى التخلف المغناطيسى 601
12-11 بعض التطبيقات المغناطيسية 604
12-11-1 الرنين البارامغناطيسى الإلكتروني 605
12-11-2 الرنين النووى المغناطيسى 605
12-11-3 الرنين الحديدومغناطيسى 608
12-11-4 التبريد باستخدام الأملاح البارامغناطيسية 609
ملخص الباب 612
أسئلة وتمارين 614

الباب الثالث عشر الموصلية الفائقة 617
13-1 مقدمة 620
13-2 خصائص الموصل الفائق 622
13-2-1 التوصيلية التامة 622
13-2-2 تأثير ميزنر 623
13-2-3 ظاهرة الرفع 626
13-2-4 المجالات الحرجة 627
13-3 تكمأ الفيض المغناطيسى فى الموصل الفائق 631
13-4 الخصائص الديناميكية الحرارية للموصل الفائق 632
13-5 نظرية التوصيل الفائق 640
13-6 تأثير جوزيفسن 644
13-7 بعض تطبيقات المواد الفائقة 648
ملخص الباب 650
أسئلة وتمارين 654
الباب الرابع عشر أشباه الموصلات: النظرية و التطبيق 655
14-1 مقدمة 659
14-2 التركيب البلوري لأشباه الموصلات 660
14-3 حزم الطاقة 662
14-4 تركيز حاملات الشحنة الذاتية 666
14-5 أشباه الموصلات المانحة و المتقبلة 668
14-6 حركية الالكترونات فى شبه الموصل 674
14-7 المقاومة والتوصيلية النوعية لشبه الموصل 677
14-8 التوصيلية الضوئية 681
14-9 التألق الضوئي 684
14-10 الوصلة p-n 684
14-11 ترانزيستور الوصلة ثنائى القطبية 693
14-12 عمليات التوليد وإعادة الإتحاد فى الدايودات الضوئية 695
14-13 ترانزيستور تأثير المجال الأكسى-معدنى ذو الطبقة العازلة 698
14-14 تصنيع الدائرة المتكاملة 705
ملخص الباب 707
أسئلة وتمارين 711

موقع الفريد في الفيزياء

الباب الخامس عشر كيمياء الحالة الصلبة	713
15-1 مقدمة	716
15-2 الزجاج الأكاسيدى	716
15-2-1 التعريف والتركيب	717
15-2-2 بعض خصائص الزجاج الأكاسيدى	723
15-3 البوليمرات	729
15-3-1 التركيب البنائى	729
15-3-2 بعض الخصائص الفيزيائية للبوليمرات	735
15-4 البلورات السائلة	737
15-4-1 التركيب البنائى والتعريف	737
15-4-2 أنواع البلورات السائلة	740
15-4-3 أطوار البلورات السائلة	742
15-4-4 تطبيقات البلورات السائلة	745
ملخص الباب	748
أسئلة وتمارين	752
الباب السادس عشر الفيزياء الحيوية للحالة الصلبة	753
16-1 مقدمة	756
16-2 المواد الحيوية	757
16-3 الزجاج الحيوى	759
16-3-1 الاكتشاف والتركيب	759
16-3-2 أنواع وخصائص الزجاج النشط حيوياً	761
16-3-3 العظام كنسيج حي	766
16-3-4 ميكانيكية الربط فى المواد النشطة حيوياً	768
16-4 خصائص التركيب الالكتروني للجزيئات الحية	770
16-4-1 الإلكترونات المتمركزة	770
16-4-2 الأحماض النووية	773
16-4-3 البروتينات	776
16-4-4 التوصيل الكهربى الإلكتروني فى البروتينات	782
ملخص الباب	785
أسئلة وتمارين	788
الباب السابع عشر تفاصيل تجريبية	789
ملاحق الكتاب	827