الميكانيكا الهندسية

الإستاتيكا

د. علي سعيد أحمد البادن
أستاذ مشارك – قسم الهندسة المدنية

الطبعة الأولى

كلية الهندسة – جامعة طرابلس – ليبيا
2016م

بســـــم الله الرحمـــــن الـــــرحيم

تقـــــديـــــم

أضع امام القارئ العربي الكريم هذا الكتاب في أحد فروع الميكانيكا الهندسية ألا وهي الإستاتيكا وذلك إسهاماً مني في إثراء المكتبة العربية بالمراجع العلمية الرصينة التي تساعد الطالب او الباحث العربي على تعميق الفهم وتحسين القدرة على التحليل والإستيعاب في أحد أهم فروع العلوم التطبيقية.

إن إعدادي لهذا الكتاب جاء من خلال تراكم سنوات من الخبرة في تدريس مقرر مادة الإستاتيكا بكلية الهندسة بجامعة طرابلس وهذه الخبرة مكنتني من الحصول على صورة واضحة لمعرفة أهم الصعوبات التي تواجه الطلاب في فهم محتويات هذه المادة. وبالتالي فإن هذا الجهد المتواضع سيكون مدخلاً لتجاوز معظم المشاكل التي تواجه الطلاب في معرفة أساسيات المادة وأساليب حل المسائل المرتبطة بها , كما أنه سيكون حافزاً لتنمية القدارت التحليلية والتخيلية للكثير من المسائل الهندسية بصورة سلسة ومنطقية. وقد تم عرض محتويات الكتاب بصورة بسيطة و واضحة و بتسلسل منطقي يتوافق مع محتويات المنهج المقرر على العديد من الكليات والمعاهد الهندسية. ويتلخص المنهج في عرض النظريات الأساسية للموضوع أولاً ثم ترسيخ الفهم وتنمية مهارات التحليل من خلال عدد من المسائل المتنوعة والتمارين المدعمة بالرسومات والأشكال التخطيطية.

الكتاب به ثمانية أبواب تشمل أهم ما يحتاج له طلاب السنوات التمهيدية للجامعات والمعاهد العليا و هو مكتوب باللغة العربية مما يتيح الفرصة للطالب العربي لتحقيق الهدف المنشود في فهم المادة العلمية دون تشتيت الجهود في أمور ثانوية تنشاء من محاولة فهم المقصود إذا ماتم كتابته بلغة أجنبية. ومن سمات الكتاب ايضاً إستخدام اللغة الإنجليزية في كتابة بعض المرادفات للعديد من المصطلحات الهامة وكذلك الإبقاء على الرموز والعمليات الحسابية والصيغ الرياضية في الصورة الدولية الواردة في العديد من المصادر المعتمدة.

إنني في هذا المقام لا انسى جهود الأخرين و لا انسب أن كل ماكتب في هذا الكتاب لنفسي بل قمت بالإستعانة بالعديد من المصادر والمراجع الهامة في هذا المجال متوخياً الدقة والأمانة وقمت بإجراء العديد من التعديلات والتحسينات بما يتناسب وأهداف هذا الكتاب. ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر الجزيل لأبنائي الطلاب الذين كانوا الحفز لي من أجل إظهار هذا العمل الى حيز الوجود كما أنني اشكر زملائي الأساتذة وأخص بالذكر منهم الأستاذ: حكيم سالم السموعي و الأستاذ: عبدالله فرج سعود على قيامهما بمراجعة مسودة الكتاب وكانت ملاحظاتهما جديرة بالإهتمام.

وأخيراً فإنني أقدم هذا الكتاب آملاً أن يفي بالغرض الذي وضع من أجله وراجياً من زملائي في التدريس والطلاب أن يطلعوني على أرآئهم وملاحظاتهم بغية إستكمال نقص او إصلاح خطأ أو إيضاح غامض.....**والله ولي التوفيق....**

المؤلف

محتويات الكتاب

الـــــبـــــــاب الأول - مقدمة عامة	
1.1- ماهو مفهوم الميكانيكا؟	1
2.1- أقسام علم الميكانيكا	1
3.1-قواعد ومفاهيم أساسية	1
4.1-بعض القواعد الأساسية في علم الميكانيكا	3
5.1- أنظمة وحدات القياس	4
الـــــبـــــــاب الثاني - إستاتيكا الجسيمات	
1.2- مقدمة	8
2.2- العمليات الجبرية الأساسية على المتجهات	8
3.2- قواعد هامة في حساب المثلثات	9
4.2- محصلة مجموعة من القوى المتلاقية في نقطة في المستوى	11
5.2- تحليل القوة إلى مركباتها العمودية	12
6.2- متجه الوحدة	12
7.2- تحليل القوة إلى مركباتها العمودية و متجه الوحدة	20
8.2- إضافة القوى بجمع مركباتها العمودية (x & y)	21
9.2- متجه الموضع	22
10.2- إتزان الجسيم في المستوى	31
11.2- القوى في الفراغ	41
1.11.2- المركبات العمودية لقوة في الفراغ	41
2.11.2- كيفية التعبير عن القوة في الفراغ	42
3.11.2- محصلة قوى في الفراغ	45
12.2 – إتزان الجسيمات في الفراغ	50
تمارين	55
الـــــبـــــــاب الثالث – الأجسام الجاسئة والنظام المكافئ	

1.3 –مقدمة 67
2.3- ضرب المتجهات 68
3.3- ضرب المتجه في مقدار عددي تابث 69
4.3- الضرب الإتجاهي 69
5.3- الضرب الإتجاهي بمعلومية المركبات العمودية للمتجهات 70
6.3- الضرب القياسي 71
7.3- تطبيقات الضرب القياسي 72
8.3- الضرب الثلاثي المختلط 75
9.3- إيجاد أصغر بعد من نقطة إلى مستقيم في الفراغ 76
10.3- عزوم القوى حول نقطة 83
11.3-عزوم القوى حول نقطة في بعدين 84
12.3-قاعدة فارقنون 84
13.3- المركبات العمودية للعزم حول نقطة 85
14.3- عزوم القوى حول محور (خط مستقيم) 92
15.3- عزم الإزدواج 101
16.3- الإزدواج المكافئ 102
17.3- جمع الإزدواج 103
18.3- تمثيل عزم الإزدواج كمتجهات 103
19.3- تحليل او تحويل قوة معينة إلى قوة وعزم عند النقطة "O" 104
20.3- تحويل او إختزال نظام من القوى إلى قوة مفردة وعزم مفرد 104
21.3- إستنتاجات هامة بشأن تحويل او إختزال نظام من القوى إلى نظام مكافئ(قوة وعزم مفردين) 106
تمارين 122

البـــــاب الرابع – إتزان الإجسام الجاسئة

1.4 – مقدمة 134
2.4- المخطط العام للقوى 134
3.4- الإتزان في المستوى 134
1.3.4- ردرود الأفعال عند الركائز والوصلات للمنشاءات في بعدين 135
2.3.4- المنشاءات المحددة إستاتيكياً والغير محددة إستاتيكياً 137

3.3.4- المنشاءات المستقرة والغير مستقرة	139
4.3.4- خطوات إيجاد ردود الأفعال للمنشاءات المحددة إستاتيكياً والمستقرة	140
4.4- إتزان جسم جاسئ تحت تاثير قوتين فقط	151
5.4- إتزان جسم جاسئ تحت تاثير ثلاثة قوى فقط	152
تمارين	154
البـــــاب الخامس – تحليل المنشاءات المفصلية(الجمالونات)	
1.5- مقدمة	159
2.5- تعريف المنشاءات المفصلية	159
3.5- تحليل المنشاءات المفصلية (الجمالونات)	163
1.3.5- طريقة المفاصل	163
2.3.5- بعض انواع التحميل الخاصة على المفاصل والأعضاء الصفرية	164
3.3.5- التماثل والتضاد في الجمالونات	168
4.3.5- طريقة التحليل بالقطاعات	176
5.3.5- الطريقة البيانية لتحليل الجمالونات	180
تمارين	188
البـــــاب السادس – الإحتكاك	
1.6- مقدمة	192
2.6- قوانين الإحتكاك الجاف ومعاملات الإحتكاك	192
3.6- زوايا الإحتكاك	196
4.6- مسائل تحتوي على الإحتكاك الجاف	197
تمارين	212
البـــــاب السابع- القوى الموزعة : مركز الثقل ومركزالمساحة	
1.7- مقدمة	216
2.7- مركز الثقل للأجسام في بعدين	216
3.7 – مركز الثقل للمساحات	217
4.7- مركز الثقل للخيوط	218
5.7- العزم الأول للمساحات و الخطوط	219

6.7- إستنتاجات هامة	220
7.7 – مركز الثقل لبعض مساحات الأشكال الهندسية الشائعة	221
8.7 – مركز الثقل لبعض الأشكال الشائعة من الخطوط	225
9.7 – مركز الثقل للأشكال المركبة	225
10.7 – إيجاد مركز الثقل بإستخدام التكامل	237
11.7- بعض المفاهيم الرياضية الأساسية في حساب المساحات ومركز الثقل	238
تمارين	246
الـــــبـــــــاب الثامن :عزم القصور الذاتي	
1.8- مقدمة	252
2.8- حساب عزم القصور الذاتي بإستخدام التكامل	253
3.8- عزم القصور القطبي	258
4.8- نصف قطر الدوران القطبي لمساحة	258
5.8– نظرية المحاور المتوازية	262
6.8 – عزم القصور الذاتي للأشكال المركبة	264
7.8 – حاصل ضرب عزم القصور الذاتي	269
8.8 – تأثير دوران المحاور على عزم القصور الذاتي	274
9.8 – المحاور الرئيسية وعزوم القصور الذاتية الرئيسية	277
10.8- دائرة موهر لكل من عزم القصور الذاتي و حاصل ضربه	280
تمارين	288
• المراجع	296