**ӘЛ – ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Механика – Математика факультеті**

**«050601 - Математика» мамандығы бойынша оқу бағдарламасы**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Бекітілген Факультет Ғылыми Кеңесінің \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ отырылысында  Хаттама №\_\_\_\_ « \_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 ж.  Факультет Деканы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Қыдырбекұлы А.Б. |

**СИЛЛАБУС**

**Сығылмайтын сұйықтар теңдеулерін шешудің сандық әдістері**

**4 курс, қазақ бөлімі, күзгі семестр**

**Дәріскер:**

**Шакенов Қанат Қожахметұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, тел. +7 727 3857478, +7 727 2579572, +7 7051823129, +7 7027459281, [shakenov@kaznu.kz](mailto:shakenov@kaznu.kz),** [**shakenov2000@mail.ru**](mailto:shakenov2000@mail.ru)**, 319 бөлме**

**Оқытушы (практикалық, семинар, зертханалық сабақтар):**

**Шакенов Қанат Қожахметұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, тел. +7 727 3857478, +7 727 2579572, +7 7051823129, +7 7027459281, [shakenov@kaznu.kz](mailto:shakenov@kaznu.kz),** [**shakenov2000@mail.ru**](mailto:shakenov2000@mail.ru)**, 319 бөлме**

**Пәннің мақсаттары мен міндеттері:**

Қазіргі таңда, сығылмайтын сұйықтың тұғыр ағысы теориясы тәжірибе жүзінде өте маңызды және математикалық зерттеулерде қызғылықты гидродинамиканың саласы болып табылады. Сығылмайтын сұйықтың динамикасы әйгілі Навье – Стокс теңдеулерімен сипатталады. Навье – Стокс теңдеулерінің күшті шешімі жалпы жағдайда бар және жалғыз болатыны әді дәлелденбесе де, оны, жуықтап болса да, немесе сандық түрде, шешуге тура келеді. Навье – Стокс теңдеулерін сандық әдістерімен шешу үшін біз «Есептеу математикасы әдістері» сонымен қатар «Математикалық физика есептерін шешудің сандық әдістері» пәндерін жетік меңгеруіміз керек. Бұл пәннің негізгі мақсаты Навье – Стокс теңдеулерін сандық шешудің эффектілі жолдарын табудағы керекті интуицияны қалыптастыру. Сонымен қатар, студенттерді есептерді сандық әдістерімен шешудегі тиімді тәсілдерін құру принциптерімен таныстыру. Бұл пәнде студенттерді дербес туындылы сызықты емес дифференциалдық теңдеулерге қойылған бастапқы және шекарадық есептерін, яғни Навье – Стокс теңдеулерін сандық шешіді үйрету. Айырымдылық схемалары теориясымен және алгоритмдерді құру принциптерімен таныстыру.

Пәннің негізгі міндеттері студенттерді жуықтап және сандық талдауға үйрету және есептеу математикасының амалдарын игеруге үйрету. Студенттер есептеу математикасының негізгі әдістері мен идеяларын меңгеріп, Навье – Стокс теңдеулерін ЭЕМ-да шығара білулері керек. Сонымен қатар Навье – Стокс теңдеулерінің дербес түрлерін ЭЕМ-да шығарып, алынған сандық нәтижелерін талдай білулері керек («кері байланысты» іске асыру). Студенттерді сандық әдістерін кеңінен пайдалана отырып, есептерді сандық шешуді өте ұқыпты және ғылыми тұрғыдан жүргізуге, яғни қойылған есепті сандық шешуде келесі этаптарды: а) қойылған есепті айырымдылық есеппен аппроксимациялауды (жуықтау); б) аппроксимация реті мен орнықтылығын зерттеуді: в) сандық нәтижелерін талдауды үйрету, яғни есептеу экспериментін дұрыс қоя білуді үйрету.

**Құзыреттері (оқытудың нәтижелері):**

Пәнді оқығаннан кейін студенттер Навье – Стокс теңдеулерін шешудің сандық әдістері жете меңгеріп, басқа да қойылған математикалық моделдерін сандық шығара отырып, қолданбалы математика мен математикалық және компьютерлік моделдеу салаларындағы жетік маман болып шығады.

**Пререквизиттері:**

Бұл пәнді жетік меңгеру үшін 1, 2 және 3 курстарда өтілетін келесі пәндерді өте жақсы білу қажет: Алгебра, Геометрия, Математикалық талдау, Дискретті математика, Информатика, Дифференциалдық теңдеулері, Интегралдық теңдеулері, Дербес туындылы дифференциалдық теңдеулері, Функционалдық талдау, Сандық әдістері.

**Постреквизиттері:**

Гидродинамика есептерін сандық әдістермен компьютерде шешу. Математикалық физика есептерін математикалық және компьютерлік моделдеу, Сызықты емес дербес туындылы дифференциалдық теңдеулерін сандық шешу.

## ПӘННІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ, КӨЛЕМІ ЖӘНЕ МАЗМҰНЫ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Апталар** | **Сығылмайтын сұйықтар теңдеулерін шешудің сандық әдістері пәні** | | |
| **Тақырып аты** | **Сағ.** | **СӨЖ тапсырмасы** |
| **1** | **Лекция 1.** Кейбір функционалдық кеңістіктер.  және кеңістіктерінің сипаттамалары. Қасиеттері.  **Семинар 1.** Тығыздық туралы теорема. Із туралы теорема. Сығылу (сужение) туралы теорема. Лемма 1. | **2**  **1** | көмекші кеңістігі. Қасиеттері. |
| **2** | **Лекция 2.** Стокс теңдеулері шешімінің бар болуы және жалғыздығы. Есептің вариациялық қойылуы. Стокс теңдеулерінің дискретизациясы.  **Семинар 2.** Нормаланған кеңістіктің аппроксимацисы. | **2**  **1** | Стокс формуласы.  және операторлары. Қасиеттері. |
| **3** | **Лекция 3.** Стокс теңдеулерінің вариациялық қойылымы. Лемма 1. Анықтама 1. Стокстың бертекті емес есебі.  **Семинар 3.** Нормаланған кеңістіктердің ішкі және сыртқы аппроксимациялары. | **2**  **1** | Айқындалған және айқындалмаған айырымдылық схемалары. |
| **4** | **Лекция 4.** Стокс теңдеулерінің вариациялық қойылымының сандық алгоритмдері. Удзава алгоритмі. Алгоритмнің жинақтылығы. Эрроу – Гурвиц алгоритмі. Жинақтылығы.  **Семинар 4.** Удзава және Эрроу – Гурвиц алгоритмдерінің дискретті түрлері. | **2**  **1** | Удзава және Эрроу – Гурвиц алгоритмдерінің дискретті түрлерін компьютерде есептеу. |
| **5** | **Лекция 5.** Навье – Стокстың стационар теңдеулері. Кіріспе. Шешімінің бар болуы және жалғыздығы туралы теоремасы. Навье – Стокстың біртекті теңдеулері. Теңдеудің вариациялық қойылымы.  **Семинар 5.** Әлсіз сығылатын сұйықтық. Стационар сызықталған әлсіз сығылатын сұйықтың теңдеулері. Ламенің стационар теңдеуі. | **2**  **1** | Стационар сызықталған әлсіз сығылатын сұйықтың теңдеулері шешімінің жинақтылығы. |
| **6** | **Лекция 6.** Навье – Стокстың стационар теңдеулері аппроксимациясы. Әртүрлі орнықты, жинақталатын  кеңістігінің Гильберттік аппроксимациялары.  **Семинар 6.** Стационар сызықталған әлсіз сығылатын сұйықтың теңдеулері. Шешімінің асимптотикалық жіктелуі. Сандық алгоритмдері. | **2**  **1** | Соболев теңсіздігі және компактілік туралы теоремасы. |
| **7** | **Лекция 7.** Навье – Стокстың стационар теңдеулері аппроксимациясы. Жинақтылығының жалпы теоремасы. Қолданулары.  **Семинар 7.** Үшсызықты формасы және оның қасиеттері. | **2**  **1** | Қолданулары. Үшсызықты  формасы және оның қасиеттері. Леммалары мен Аппроксимациялары. |
| **1** | **МБ 1. Коллоквиум 1.** | **4** | **Сандық есептерін тексеру және қабылдау.** |
| **8** | **Лекция 8.** Навье – Стокстың стационар теңдеулері аппроксимациясы. Сандық алгоритмдер. Удзава алгоритмі. Эрроу – Гурвиц алгоритмі.  **Семинар 8.** Удзава және Эрроу – Гурвиц алгоритмдерін ашап жазу. | **2**  **1** | Қолданулары. Үшсызықты  формасы және оның қасиеттері. Леммалары мен Аппроксимациялары. |
| **9** | **Лекция 9.** Сандық алгоритмдер. Удзава алгоритмі. Эрроу – Гурвиц алгоритмі. Шешімінің бар болуы және жалғыздығы. Алгоритмдердің жинақтылығы туралы теоремалары.  **Семинар 9.** Бифуркация теориясы және шешімінің жалғыз еместігі туралы нәтижелер. Тейлор есебі. | **2**  **1** | Бифуркация теориясы және шешімінің жалғыз еместігі туралы нәтижелер. Тейлор есебі. |
| **10** | **Лекция 10.** Навье – Стокстың эволюциялық теңдеулері. Кіріспе. Сызықты есебі. Шешімінің бар болуы мен жалғыздығы туралы теоремасы.  **Семинар 9.** Навье – Стокстың эволюциялық теңдеулері. Шешімінің бар болуы мен жалғыздығы туралы теоремасы. Теореманың дәлелдеулері (жалғасы). | **2**  **1** | Навье – Стокстың эволюциялық теңдеулері. Шешімінің бар болуы мен жалғыздығы туралы теоремасы. Теореманың дәлелдеулері (үзіліссіздігі). |
| **11** | **Лекция 11.** Толық Навье – Стокс теңдеулерінің () әлсіз шешімінің бар болуы мен жалғыздығы туралы теоремасы.  **Семинар 11.** Теореманы дәлелдеу схемасы. Әлсіз шешімінің регулярлығы және жалғыздығы  (). | **2**  **1** | Теореманы дәлелдеу схемасы. Әлсіз шешімінің регулярлығы және жалғыздығы  (). |
| **12** | **Лекция 12.** Толық Навье – Стокс теңдеулерінің () әлсіз шешімінің бар болуы мен жалғыздығы туралы теоремасы.  **Семинар 12.** Әлсіз шешімінің регулярлығы және жалғыздығы  (). | **2**  **1** | Жартылай дискретизациялау жолымен әлсіз шешімінің бар болуын дәлелдеу. |
| **13** | **Лекция 13.** Толық Навье – Стокс теңдеулерін дискретизациялау. Орнықтылығы мен жинақтылығының жалпы теоремасы. Аппроксимациялау схемаларының сипаттамалары. Схема 1 – толығымен айқындалмаған схема, Схема 2 – Кранк – Николсон схемасы, Схема 3 – жартылай айқындалмаған схемасы, яғни тек қана сызықты бөлігінде айқындалмаған, Схема 4 – айқындалған схема.  **Семинар 13.** Схема 1 – толығымен айқындалмаған схема, Схема 2 – Кранк – Николсон схемасы. | **2**  **1** | Схема 1 – толығымен айқындалмаған схема, Схема 2 – Кранк – Николсон схемасы. Компьютерде осы схемармен толық Навье – Стокс теңдеулерін шығару. |
| **14** | **Лекция 14.** Схема 1 мен Схема 2 схемаларының орнықтылығы мен жинақтылығы. Схема 1’, Схема 2’.  **Семинар 14.** Схема 3 – жартылай айқындалмаған схемасы, яғни тек қана сызықты бөлігінде айқындалмаған, Схема 4 – айқындалған схема. | **2**  **1** | Схема 3 – жартылай айқындалмаған схемасы, яғни тек қана сызықты бөлігінде айқындалмаған, Схема 4 – айқындалған схема.  Компьютерде осы схемармен толық Навье – Стокс теңдеулерін шығару. |
| **15** | **Лекция 15.** Схема 3 мен Схема 4 схемаларының орнықтылығы мен жинақтылығы. Схема 3’.  **Семинар 15.** Схема 1’, Схема 2’, Схема 3’. Орнықтылығы мен жинақтылығы. | **2**  **1** | Схема 1’, Схема 2’, Схема 3’. Компьютерде осы схемармен толық Навье – Стокс теңдеулерін шығару. |
| **2** | **МБ 2. Бақылау жұмысы 2.** | **2** | **Сандық есептерін тексеру және қабылдау.** |

**Білім жүйесі мен біліктіліктегі пәннің маңызды түсініктері:** Сығылмайтын сұйықтар динамикасын сипаттайтын теңдеулер жүйесі – Навье – Стокс теңдеулері. Навье – Стокс теңдеулерінің шешімі бар болуы мен жалғыздығы. Нормаланған кеңістіктерінің аппроксимациясы. Навье – Стокс теңдеулерін ақырлы айырымдар әдісімен аппроксимациялау. Айқындалмаған, жартылай айқындалмаған және айқындалған схемалары. Олардың орнықтылығы мен жинақтылығы.

**Әдебиеттер тізімі**

**Негізгі**

1. Р. Темам. Уравнения Навье – Стокса. Теория и численный анализ. «Мир», Москва, 1981.
2. О.А. Ладыженская. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. «Наука», Москва, 1970.
3. Ш. Смагулов, К.К. Шакенов. Методы Монте – Карло в задачах гидродинамики и фильтрации. «Қазақ университеті», Алматы, 1999.
4. Шакенов Қ.Қ. Есептеу математикасы әдістері. Лекциялар курсы. Оқу құралы. «Print S», Алматы, 2009.

**Қосымша**

1. KANBOOK.pdf

**ПӘННІҢ АКАДЕМИЯЛЫҚ САЯСАТЫ**

Жұмыстардың барлық түрін көрсетілген мерзімде жасап тапсыру керек. Кезекті тапсырманы орындамаған, немесе 50% - дан кем балл алған студенттер бұл тапсырманы қосымша кесте бойынша қайта жасап, тапсыруына болады.

Орынды себептермен зертханалық сабақтарға қатыспаған студенттер оқытушының рұқсатынан кейін лаборанттың қатысуымен қосымша уақытта зертханалық жұмыстарды орындауға болады. Тапсырмалардың барлық түрін өткізбеген студенттер емтиханға жіберілмейді

Бағалау кезінде студенттердің сабақтағы белсенділігі мен сабаққа қатысуы ескеріледі.

Толерантты болыңыз, яғни өзгенің пікірін сыйлаңыз. Қарсылығыңызды әдепті күйде білдіріңіз. Плагиат және басқа да әділсіздіктерге тыйым салынады. СӨЖ, аралық бақылау және қорытынды емтихан тапсыру кезінде көшіру мен сыбырлауға, өзге біреу шығарған есептерді көшіруге, басқа студент үшін емтихан тапсыруға тыйым салынады. Курстың кез келген мәліметін бұрмалау, Интранетке рұқсатсыз кіру және шпаргалка қолдану үшін студент «F» қорытынды бағасын алады.

Өзіндік жұмысын (СӨЖ) орындау барысында, оның тапсыруы мен қорғауына қатысты, сонымен өткен тақырыптар бойынша қосымша мәлімет алу үшін және курс бойынша басқа да мәселелерді шешу үшін оқытушыны оның келесі офис-сағаттарында таба аласыз:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Әріптік жүйе бойынша бағалау | Балдардың сандық эквиваленті | % мәні | Дәстүрлі жүйе бойынша бағалау |
| А | 4,0 | 95-100 | Өте жақсы |
| А- | 3,67 | 90-94 |
| В+ | 3,33 | 85-89 | Жақсы |
| В | 3,0 | 80-84 |
| В- | 2,67 | 75-79 |
| С+ | 2,33 | 70-74 | Қанағаттанарлық |
| С | 2,0 | 65-69 |
| С- | 1,67 | 60-64 |
| D+ | 1,33 | 55-59 |
| D- | 1,0 | 50-54 |
| F | 0 | 0-49 | Қанақаттанарлықсыз |
| I  (Incomplete) | - | - | Пән аяқталмаған  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| P  (Pass) | **-** | **-** | «Есептелінді»  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| NP  (No Рass) | **-** | **-** | « Есептелінбейді»  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| W  (Withdrawal) | - | - | «Пәннен бас тарту»  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| AW  (Academic Withdrawal) |  |  | Пәннен академиялық себеп бойынша алып тастау  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| AU  (Audit) | - | - | « Пән тыңдалды»  *(GPA есептеу кезінде есептелінбейді)* |
| Атт-ған |  | 30-60  50-100 | Аттестатталған |
| Атт-маған |  | 0-29  0-49 | Аттестатталмаған |
| R (Retake) | - | - | Пәнді қайта оқу |

**Кафедра мәжілісінде қарастырылды**

***№*   *хаттама, «* *» 2014 ж.***

**Кафедра меңгерушісі Д.Б. Жакебаев**

**Дәріс оқушы Қ.Қ. Шакенов**