OKAN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MÜHENDİSLİK TEMEL BİLİMLERİ BÖLÜMÜ

2014.01.08 **MAT 461 – Fonksiyonel Analiz I – Final Sınavı** N. Course

ADI: Ö R N E K T İ R

SOYADI: S A M P L E

ÖĞRENCİ NO:

İMZA:

Süre: **120** dk.

Bu sorulardan **4** tanesini seçerek cevaplayınız.

Do not open the exam until you are told that you may begin.
Sınavın başladığı yüksek sesle söylenene kadar sayfayı çevirmeyin.

1. You will have **120** minutes to answer **4** questions from a choice of 5. If you choose to answer more than 4 questions, then only your best 4 answers will be counted.
2. The points awarded for each part, of each question, are stated next to it.
3. All of the questions are in English. You may answer in English or in Turkish.
4. You must show your working for all questions.
5. Write your student number on every page.
6. This exam contains 12 pages. Check to see if any pages are missing.
7. If you wish to leave before the end of the exam, give your exam script to an invigilator and leave the room quietly. You may not leave in the first 20 minutes, or in the final 10 minutes, of the exam.
8. Calculators, mobile phones and any digital means of communication are forbidden. The sharing of pens, erasers or any other item between students is forbidden.
9. All bags, coats, books, notes, etc. must be placed away from your desks and away from the seats next to you. You may not access these during the exam. Take out everything that you will need before the exam starts.
10. Any student found cheating or attempting to cheat will receive a mark of zero (0), and will be investigated according to the regulations of Yükseköğretim Kurumları Öğrenci Disiplin Yönetmeliği.

1. Sınav süresi toplam **120** dakikadır. Sınavda 5 soru sorulmuştur. Bu sorulardan **4** tanesini seçerek cevaplayınız. 4'den fazla soruyu cevaplarsanız, en yüksek puanı aldığınız 4 sorunun cevapları geçerli olacaktır.
2. Soruların her bölümünün kaç puan olduğu yanlarında belirtilmiştir.
3. Tüm sorular İngilizce'dir. Cevaplarınızı İngilizce yada Türkçe verebilirsiniz.
4. Sonuca ulaşmak için yaptığınız işlemleri ayrıntılarıyla gösteriniz.
5. Öğrenci numaranızı her sayfaya yazınız.
6. Sınav 12 sayfadan oluşmaktadır. Lütfen eksik sayfa olup olmadığını kontrol edin.
7. Sınav süresi sona ermeden sınavınızı teslim edip çıkmak isterseniz, sınav kağıdınızı gözetmenlerden birine veriniz ve sınav salonundan sessizce çıkınız. Sınavın ilk 20 dakikası ve son 10 dakikası içinde sınav salonundan çıkmanız yasaktır.
8. Sınav esnasında hesap makinesi, cep telefonu ve dijital bilgi alışverişi yapılan her türlü malzemelerin kullanımı ile diğer silgi, kalem, vb. alışverişlerin yapılması kesinlikle yasaktır.
9. Çanta, palto, kitap ve ders notlarınız gibi eşyalarınız sıraların üzerinden ve yanınızdaki sandalyeden kaldırılmalıdır. Sınav süresince bu tür eşyaları kullanmanız yasaktır, bu nedenle ihtiyacınız olacak herşeyi sınav başlamadan yanınıza alınız.
10. Her türlü sınav, ve diğer çalışmada, kopya çeken veya kopya çekme girişiminde bulunan bir öğrenci, o sınav ya da çalışmadan sıfır (0) not almış sayılır, ve o öğrenci hakkında Yükseköğretim Kurumları Öğrenci Disiplin Yönetmeliği hükümleri uyarınca disiplin kovuşturması yapılır.

1	2	3	4	5	TOPLAM

Notation:

$$
\begin{aligned}
C([a,b]) &= \{f : [a,b] \to \mathbb{C} : f \text{ is continuous } \} \\
C^1([a,b]) &= \{f : [a,b] \to \mathbb{C} : f \text{ and } f' \text{ are continuous } \} \\
C^\infty([a,b]) &= \{f : [a,b] \to \mathbb{C} : \tfrac{d^n f}{dx^n} \text{ exists and is continuous } \forall n\}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\|f\|_\infty &= \max_{x\in[0,1]} |f(x)| \\
\|f\|_{\infty,1} &= \|f\|_\infty + \|f'\|_\infty
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathcal{L}^2_{cont}([a,b]) &= \big(C([a,b]), \langle\cdot,\cdot\rangle_{L^2}\big) \\
\langle f, g\rangle_{L^2} &= \int_a^b \overline{f(x)} g(x)\ dx
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathcal{B}(X,Y) &= \{A : X \to Y : A \text{ is linear and bounded}\} \\
\mathcal{B}(X) &= \mathcal{B}(X,X) \\
\mathcal{K}(X,Y) &= \{A : X \to Y : A \text{ is linear and compact}\}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\overline{x+iy} &= x - iy \\
A^* &= \text{adjoint of } A \\
\text{Ker}(A) &= \text{kernal of } A = \{f \in X : Af = 0\} \\
\text{Ran}(A) &= \text{range of } A = \{Af : f \in X\} \\
M^\perp &= \text{orthogonal complement of } M
\end{aligned}
$$

Soru 1 (Compact Operators)**.** Let X, Y and Z be normed spaces.

(a) [4p] Give the definition of a *compact* operator $K : X \to Y$.

(b) [3p] Give the definition of a *bounded* operator $B : X \to Y$.

Let $\mathcal{B}(X,Y) = \{A : X \to Y : A \text{ is linear and bounded}\}$ and $\mathcal{K}(X,Y) = \{A : X \to Y : A \text{ is linear and compact}\}$.

(c) [9p] Show that $\mathcal{K}(X,Y) \subseteq \mathcal{B}(X,Y)$.
[HINT: In other words: Show that every compact operator is bounded.]

(d) [9p] Let $K \in \mathcal{K}(X, Y)$ and $B \in \mathcal{B}(Y, Z)$. Show that $(BK) \in \mathcal{K}(X, Z)$.

Soru 2 (Orthonormal Bases)**.** Let X be a Hilbert space.

(a) [4p] Give the definition of an *orthonormal set*.

(b) [3p] Give the definition of an *orthonormal basis*.

For the rest of this question, let $\{u_j\}_{j\in J}$ be an orthonormal **set** in X.

(c) [8p] Suppose that

$$\|f\|^2 = \sum_{j\in J} |\langle u_j, f\rangle|^2$$

for all $f \in X$. Show that

$$\langle u_j, f\rangle = 0 \quad \forall j \in J \qquad \Longrightarrow \qquad f = 0.$$

(d) [10p] Now suppose that

$$\langle u_j, f\rangle = 0 \quad \forall j \in J \qquad \Longrightarrow \qquad f = 0$$

is true. Suppose that $Q \supseteq \{u_j\}_{j\in J}$ is an orthonormal set. Show that $Q = \{u_j\}_{j\in J}$.

Soru 3 (Unitary Operators)**.** Let $(X, \langle \cdot, \cdot \rangle_X)$ and $(Y, \langle \cdot, \cdot \rangle_Y)$ be Hilbert spaces. Define $\|\cdot\|_X = \sqrt{\langle \cdot, \cdot \rangle_X}$ and $\|\cdot\|_Y = \sqrt{\langle \cdot, \cdot \rangle_Y}$ as usual.

(a) [5p] Give the definition of a *unitary operator*, $U : X \to Y$.

(b) [5p] Suppose that the (linear) operator $A : X \to Y$ satisfies $\|Af\|_Y = \|f\|_X$ for all $f \in X$. Show that A is an injection.

(c) [5p] Suppose that the (linear) operator $A : X \to Y$ is a surjection and satisfies $\|Af\|_Y = \|f\|_X$ for all $f \in X$. Show that A is unitary.

Now suppose that $X = Y$.

(d) [10p] Suppose $U : X \to X$ is unitary and $M \subseteq X$. Show that

$$U(M^{\perp}) = (UM)^{\perp}.$$

Soru 4 (Eigenvalues and Eigenvectors)**.** Let X be a Hilbert space.

(a) [4p] Give the definition of a *symmetrical* operator.

(b) [4p] Give the definitions of an *eigenvalue* and an *eigenvector*, of an operator $A : \mathfrak{D}(A) \subseteq X \to X$.

For the rest of this question, suppose that:

- A is a symmetrical operator;
- $\lambda \in \mathbb{C}$ is an eigenvalue of A;
- u is an eigenvector of A corresponding to λ;
- $\|u\| = 1$;
- $\mu \in \mathbb{C}$ is an eigenvalue of A;
- v is an eigenvector of A corresponding to μ;
- $\|v\| = 1$;
- $\lambda \neq \mu$.

(c) [9p] Show that $\lambda \in \mathbb{R}$.
[HINT: Remember that $\langle u, u \rangle = 1$. Use this to show that $\lambda = \overline{\lambda}$.]

(d) [6p] Show that

$$(\lambda - \mu)\langle u, v \rangle = 0.$$

(e) [2p] Show that u is orthogonal to v.

Soru 5 (Adjoints of Operators)**.** Let X be a Hilbert space and let $\mathcal{B}(X) = \{A : X \to X : A \text{ is linear and bounded}\}$.

(a) [5p] Let $A \in \mathcal{B}(X)$ be an operator. Give the definition of the *adjoint*, A^*, of A.

(b) [5p] Let $A \in \mathcal{B}(X)$. Show that $A^{**} = A$.

Let $u, v \in X$. Let $A : X \to X$ be an operator defined by

$$Af = \langle u, f \rangle \, v.$$

(c) [5p] Show that A is bounded.

(d) [5p] Calculate $\|A\|$.

(e) [5p] Calculate the adjoint of A.