


Istanbul Teknik Üniversitesi'nde Gençlerle Mühendislik Kültürü Üzerine Bir Sohbet

A Talk at Istanbul Technical University with Young on Engineering Culture

Mithat İdemen 

Istanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
midemen@gmail.com

Öz

Bu makale, 23 Ekim 2019 günü İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde 'giriş ve etik' dersi kapsamında öğrencilere yönelik olarak yapılmış bulunan bir konuşmanın derlemesinden oluşmaktadır. Makalede, çağdaş mühendisliğin matematik ve fizikle çok sıkı bir biçimde iç içe geçmiş bir kültürel yapısının olduğu ve, önemli olanla ölçülemeyecek kadar önemsiz olanı birbirinden ayırmak esasına dayanan bu kültürün tarihsel gelişimi ile teknik konular bakımından olduğu kadar sosyal konular bakımından da toplum yaşamında oynadığı önemli roller örneklerle anlatılmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Mühendislik, fizik, matematik, Newton mekaniği, Maxwell teorisi, özel rölativite, distribüsyon

Abstract

This paper consists of a compilation of a speech addressed to students at the Department of Electrical and Electronics Engineering of the Istanbul Technical University on October 23, 2019. In the paper the *cultural* aspect of the contemporary engineering is emphasized, which dwells on its close interaction with mathematics and physics, and permits one to distinguish the important things from negligible ones. The historical development as well as the importance of this culture, from technical and social points of view, are revealed through some examples.

Keywords: Engineering, physics, mathematics, Newtonian mechanics, Maxwell's theory, special relativity, distribution

Giriş

Merhaba gençler.

Önce, yaşamınızın bundan sonraki kısmını mühendis olarak sürdürmeye karar vermiş olduğunuz için çok şanslı olduğunuzu söylemek ve sizi kutlamak istiyorum. Çünkü, yıllar geçtikçe daha net fark edebileceğiniz gibi, mühendislik bir hüner sahibi olmanın ötesinde, bir *kültürdür*: Matematik ve fizikle¹ iç içe geçmiş, kazanılması kolay olmayan, çok yüksek ve çok yönlü bir kültür. Bunun bilincinde olmanızı ve bu üniversitede geçireceğiniz günlerde, size verilecek teknik bilgilere ek olarak, bu kültürü de derinlemesine sahiplenmenizi tavsiye ediyorum. Bu kültür size, farkında olmasanız bile, doğruyla yanlışı, iyiyile kötüyü, özellikle de *önemli olanla ihmal edilebilecek olanı* kolayca ayırt edebilmek yeteneğini kazandıracaktır.

Bu söylediklerim sadece bilimsel ve teknik konular için değil, sosyal konular için de geçerlidir. Üzülerek belirtmek isterim ki; sosyal konular söz konusu olduğunda, sözünü ettiğim o yetenek zaman zaman sizin için bir mutsuzluk kaynağı da olacaktır. Çünkü, başka kültürlerin içinde olgunlaşmış olanların bazı yanlışların peşinden inatla koşturduklarını, onları hevesle alkışladıklarını ve önemli olanla önemli olmayanı birbirinden ayırt edemedikleri için anlamsız ayırmacılığa, kavgalara, savaşlara ve zulme yöneldiklerini gördükçe şaşırarak, üzülecek ve acı çekeceksiniz.

Bugün benim amacım, size, sahiplenmenin eşliğinde olduğunuz o kültürün nasıl bir şey olduğunu, ne zaman ve nasıl ortaya çıkıp bin yıllardan beri var olan başka kültürlerin arasında kendine bir yer edinebildiğini ve Tanrının yarattığı ilkel insanı nasıl soyutlama yeteneğine sahip uygar insana evirdiğini, kendi yorumumla anlatmaktır.

¹ Bu konuşmada fizik sözcüğü kimya ve biyoloji gibi doğal olayları da içermektedir.

1. Önce, *mühendis* sözcüğü ile kastettiğimiz şeyin ne olduğunu açıklığa kavuşturmaya çalışalım. Bu sözcük bu günlerde elektrik, bilgisayar, makina, tarım, meteoroloji vb pek çok sözcükle birlikte kullanılmaktadır. Yakın bir gelecekte biyoloji, tıp, genetik vb sözcüklerle birlikte kullanılıyor olduğunu da göreceğiz. Göreceğiz ama bu sözcükten hepimiz aynı şeyi mi anlayacağız?. O şüpheli.

Bugün bizim kullandığımız mühendis sözcüğü Arapça 'hendese'den, o da Farsça 'endaze'den geliyor. Hendese geometri (veya matematik), endaze ise bir uzunluk ölçüsüdür. Yani mühendislik, ölçüp biçmek ve matematik yapmakla iç içe geçmiş bir faaliyet. Mühendisliğin batı dillerindeki karşılığı olan *ingénieur* ve *engineering* gibi sözcükler ise Latince 'ingenium'dan geliyor. *Ingenium* zekâ, daha doğrusu keskin zekâ anlamında. Buradan açıkça anlaşılıyor ki; hem doğu hem de batı dünyasında mühendislik matematiğe dayalı, keskin zekâ ürünü olan yaratıcılığı kastetmektedir.

Binlerce yıl önce yapılmış mimarlık şaheseri Mısır piramitleri, kiliseler, camiler, köprüler, su kemerleri ilk mühendislik örnekleri; Michelangelo², Mimar Sinan³ ve adını bilemediğimiz veya hatırlayamadığımız niceleri de ilk büyük mühendislerdi. Daha yakın zamanlarda yaşamış olan Edison⁴, Marconi⁵, Tesla⁶ ve benzerleri de modern çağın ilk büyük mühendisleri olarak uygarlığımızın gelişmesine çok büyük katkılarda bulundular. Bu büyük insanlar bıkmadan, usanmadan, inatla *deneyerek* hayallerini gerçekleştirdiler, eserlerini bize miras bırakıp gittiler.

Fakat o günler artık çok gerilerde kaldı. Bugün hayaller masa başında, kâğıt kalem kullanılarak, matematikle tasarlanmakta, ortaya çıkan sonuçlar laboratuvarlarda test edilip olgunlaştırıldıktan sonra mühendislik ürünü olarak topluma sunulmaktadır. Her gün böylece yaratılmış yeni ürünler görmeye çok alıştık. Uzay haberleşme sistemleri, uzay araçları, tomografi, robotik, akıllı telefonlar, bilgisayarlar, akıllı füzeler ve benzerleri bunun ilk akla gelen örnekleridir.

Şimdi bu aşamada, hemen şu soru ortaya atılabilir: Biz bugün *mühendislik* sözcüğü ile hep bu türden, matematikle iç içe geçmiş keskin zekâ ürünü faaliyetleri mi kastediyoruz, yoksa

daha başka şeyleri mi? Etrafımıza baktığımızda açıkça görüyoruz ki; eğitimini mühendis olarak tamamlamış bulunan insanlar

- yönetim (belediye başkanı, milletvekili, bakan, vb)
- işletme (bakım, onarım, vb)
- araştırma-geliştirme (eğitim, patent, vb)

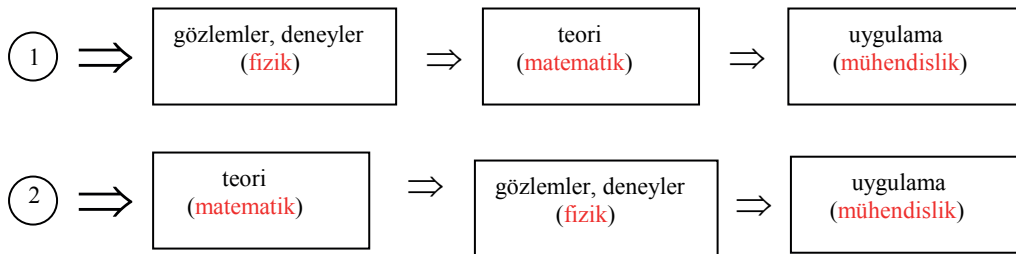
gibi çok değişik konularla ilgilenmektedirler. İlk iki guruptaki insanların matematik işlemlerle ilgilenmedikleri ve keskin zekâ ürünü olarak değerlendirilebilecek ürünler ortaya koymaya çalışmadıkları apaçık ortadadır. Bu durumda, bunların yaptığı işi mühendislik olarak nitelendirmek mümkün müdür? Cevap ne olursa olsun, eğer bu insanlar o kültürü içselleştirmiş iseler, işlerini yaparken alacakları her karar o kültürün gösterdiği yönde oluşacak ve, genellikle, topluma yarar sağlayacaktır. Biz ülkemizde bunun *ters* örneklerini, hem teknik hem de sosyal konularda her gün bol bol görmekteyiz.

2. Bugün yüksek düzeydeki dergilere veya kitaplara baktığımızda, bazen, yapılmış olan işin matematik mi, fizik mi veya mühendislik mi olduğuna karar vermekte zorlandığımızı görürüz. Yani, bu kavramlar çok iç içe geçmiş durumdalar. Geçen yüzyılın büyük matematikçilerinden David Hilbert⁷'in o yüzyılın ilk çeyreğinde söylemiş olduğu 'fizik, fizikçilere zor geliyor' sözü bu durumu çok hoş bir biçimde belirtmektedir. Aynı yüzyılın ikinci yarısından sonra mühendisliğin her dalında gözlenen ve çok sofistike kavramlar üzerine oturan muhteşem gelişmeleri göz önüne alarak,

artık mühendislik mühendislere zor geliyor

da diyebiliriz.

Son dört yüzyılda yaşanmış olan süreç gösteriyor ki; matematik, fizik ve mühendislik arasındaki ilişki her zaman farklı iki biçimde sıralanır olmuştur. Bunları şematik olarak şöyle göstermek istiyorum.



² Michelangelo di Lodovico Buonarroti Simoni (1475-1564).

³ Mimar Sinan (1489-1588)

⁴ T. A. Edison (1847-1931)

⁵ G. Marconi (1874-1937). Nobel fizik ödülü 1909

⁶ Nicola Tesla(1857-1943)

⁷ D. Hilbert (1862-1943)

Birinci sıralamadaki matematik, 'bilineni matematik diliyle tanımlamak', ikinci sıralamadaki ise 'henüz bilinmeyen iddia' aşamasındadır. Bunları birer örnekle berraklaştırmak istiyorum.

3. Birinci türden bir sıralanma *teorinin deneyden sonra geldiği* hale ilişkindir ve *doğal* olan bir süreçtir. Bu süreç olayı (veya konuyu) berrak biçimde kavrayabilmemiz bakımından çok önemlidir. Çünkü biz, farkında olmasak bile, ancak matematik kavramlarla ifade edilen şeyleri berrak biçimde anlayabilmekteyiz. Einstein'ın 1912 yılında Sommerfeld⁸'e yazdığı şu sözleri ciddiye almak gerekir:

'Gençliğimde başarılı bir fizikçinin sadece elementer matematik bilgisine gereksinimi olduğunu düşünürdüm. Daha sonra, büyük teessüfle anladım ki; bu düşüncem tamamıyla yanlışmış⁹.

Deneyden sonra teori'nin bence en ilginç ve uygarlık tarihimiz bakımından en önemli örneği, başlangıcı üç dört yüzyıl kadar gerilere giden ve hikâyesi 17. yüzyılı boydan boya kaplayan *rasyonel mekanik*⁹ ve uzantılarıdır. Uygur insanın, kendisini ilkel atalarından ayıran en önemli özelliği olan *soyutlama* yeteneğinin ilk defa ve en belirgin biçimde ortaya çıkmış olduğu bu olayı, gerisindeki ilginç hikâyeleri atlayarak, kısaca hatırlatmak istiyorum: Atalarımız, yapacak başka işleri olmadığı için, bin yıllar boyunca, geceleri gökyüzünü bir tiyatro sahnesi gibi gözetleyip durdular. Her akşam Güneş batınca yıldızlar, tiyatro oyuncularına gibi, sırayla, birer birer sahnede yerlerini alıyor ve sabaha kadar ağır ağır rollerini oynayıp gözden kayboluyorlardı. Onları gözetlemek şüphesiz çok hoşlarına gidiyordu. Onlara, şekillerine bakarak, *Büyük Ayı*, *Küçük Ayı*, *Terazi* vb adlar takmışlar; Güneş ile Ay'ın bacı kardeş oldukları gibisinden efsaneler de uydurmuşlardı. Çoğunluk böylece eğlenip oyalanıyordu ama gökyüzüne daha ciddi yaklaşımlarla, bir laboratuvar gibi bakan birkaç kişi de vardı. Örneğin, Tycho Brahe¹⁰ adlı bir Danimarkalı, her akşam değişik konumda yer alan gezegenleri düzenli biçimde gözetlemiş ve onların konumlarını tablolar şeklinde bir yerlere kaydetmişti... O gezegenlerin neden başlarını alıp uzaklara gitmediğini, belirli bir zamanın sonunda gene aynı yerde belirmediğini merak edip tartışanlar da olmuştu. Kimine göre onlar Dünya'nın, kimine göre Güneş'in, kimilerine göre de bilinmeyen başka bir noktanın etrafında, çemberler üzerinde dolanıp duruyorlardı. Görünürde bu olayın tartışılmasının hiç kimseye faydası

⁸ Arnold Sommerfeld (1868-1951)

⁹ Rasyonel Mekanik'e ilişkin yasa ilk defa Sir Isaac Newton (1642-1727)'un 1687 de basılmış olan *philosophiae naturalis principia mathematica* adlı eserinde yer aldı. Fakat o yasanın 1666'dan önce Newton tarafından keşfedilmiş olduğu tahmin ediliyor.

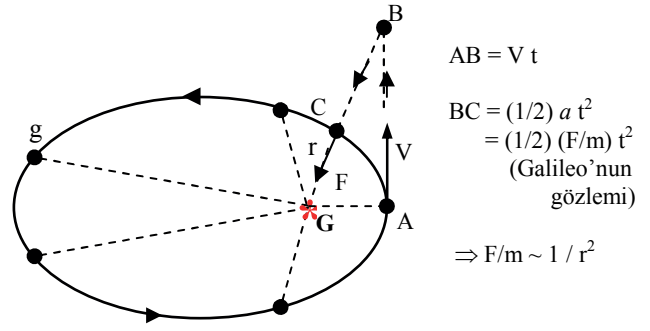
Newton kendi yasasını çıkarırken Kepler'in yasalarını, Galileo Galilei (1564-1642)'nin serbest düşüşle ilgili formülünü ve Apollonius (MÖ: 262-190)'un elipsle ilgili teoremlerini kullanmıştır. Newton'un, 'eğer Kepler olmasaydı, daha ileriye göremeyecektim' dediği söylenir.

¹⁰ Tycho Brahe (1546-1601) gözlemlerini henüz teleskop gelişmemişken yapmıştı.

yoktu ama çok meraklı birkaç insan tartışmayı hararetle sürdürüp duruyordu. Tartışanlar arasında kurum olarak bütün ağırlığıyla kilise de vardı. Tycho Brahe'nin asistanı olan alman asıllı Kepler¹¹, onun ölümünden sonra, geride bıraktığı tabloları inceleyerek, bu gün kendi adıyla anılan şu 3 *iddiayı* (yasayı) ileri sürmüştü (bak. şek.-1):

- Gezegenler *Güneş*'in etrafında bir *elips* üzerinde dolanıp dururlar. Güneş o elipsin bir *odağında* yer alır (1609),
- Güneş'i gezegene birleştiren *ışın* eşit zaman aralıklarında *eşit alanlar* süpürür (1609),
- Gezegenin hareketine ilişkin *periyot p* ve yörüngenin büyük *çapı a* ise, $p^2 / a^3 = K$ evrensel bir sabite eşittir; yani, gezegen gezegene değişmez (1619).

Kepler'in sadece tablolara bakarak ileri sürmüş olduğu bu müthiş iddialar 10 yıllık bir sabrın ürünüdür ve Archimed¹² yasasından sonra, fizik olayların matematik diliyle anlatıldığı ilk örneklerdir.



Şekil 1

$$AB = V t$$

$$BC = (1/2) a t^2$$

$$= (1/2) (F/m) t^2$$

(Galileo'nun gözlemi)

$$\Rightarrow F/m \sim 1 / r^2$$

Dikkatinizi çekmek isterim ki; Kepler Güneşi gördüğü zaman gezegenleri, gezegenleri gördüğü zaman da Güneş'i göremiyordu. Buna rağmen, yörüngenin düzlemsel ve elips olması gerektiğini fark etti ve o muhteşem matematik ifadeleri söyledi.

Newton, kendi adıyla bilinen ve uygarlığımızın ilk basamağını oluşturan çekim yasasını Keplerin bu iddialarını temel kabul ederek oluşturdu. Yani, yukarıda sözünü ettiğim 1 numaralı sıralamada Kepler'in iddiaları gözlem (veya deney) konumunda, Newton'un yasası ise teori konumundadır. Newton yasası (teoremi!) kısa zaman içerisinde genişletilerek, bir yandan kinematik, statik, dinamik, hidrodinamik, aerodinamik, termodinamik, elastisite, plastisite, vb bilim dalları, diğer yandan da bunların uygulamalarından oluşan inşaat, gemi, makina, uçak, meteoroloji vb mühendislik dalları ortaya çıkarıldı. Bugün biz bu mühendislik dallarının bir çırpıda sayamayacağımız kadar çok sayıdaki ürünlerinden mutluluk duyarak

¹¹ Johannes Kepler (1571-1690).

¹² Archimedes (Sicilya, MÖ: 287-212).

yararlanıyoruz ve her gün daha da yeni ürünlerin ortaya çıktığını sevinerek görüyoruz.

Bu konuyu terk etmeden önce, benim çok önemseyeceğim ve sizin de önemseyeceğinizi tahmin ettiğim şu 3 noktaya dikkatinizi çekmek istiyorum:

A. Newton söz konusu yasayı 1687 yılında yayınlanan bir kitapta açıklamıştı ama o yasayı 21 yıl kadar önce, 1666 da, keşfetmiş (ispatlamış) olduğu söyleniyor. Eğer bu 21 yıllık bekleme gerçek ise, Newton'un, keşfetmiş olduğu yasanın çok önemli sonuçlara gebe olduğunun *farkında olmadığı* söylenebilir. Ben de, olayın gerisindeki bazı gerçek hikâyeleri göz önüne alarak, yasanın keşfinin (ispatının) 1687 den önce olduğu kanısındayım.

B. Newton, Archimedes ve Gauss ile birlikte geçmiş en büyük üç matematikçiden biri sayılır¹³. Newton'a bu ünü kazandıran, diğer eserlerinin yanı sıra, kütesel çekimin ($1/r^2$) ile orantılı olduğunu, henüz diferansiyel denklem kavramı ortada yokken, sadece Keplerin yasalarını, Galile'nin¹⁴ *serbest düşme* olayına ilişkin gözlemini ve Apollonius'un¹⁵ 1800 yıl kadar önce elipse ilişkin olarak ispat etmiş olduğu özellikleri kullanarak ispat etmiş olmasıdır. Newton, gezegenin yörünge üzerindeki bir A noktasından C noktasına gidişini, önce v hızıyla A dan B ye *gidiş*, sonra da B den C ye *düşüş* olarak yorumlamış ve elipsin özelliklerini de kullanarak, GC uzunluğu ile BC'nin ifadesinde yer alan a (= ivme) arasında bir ilişki bulmuştur. (bak, şek.-1)

C. Bugün, Newton yasası temel alınarak ve bir diferansiyel denklem çözülerek Kepler'in söyledikleri teorem şeklinde kanıtlanmaktadır. Güneş'in yerine bir proton, gezegenin yerine de bir elektron konursa, ilk iki yasa geçerliliğini korumaya devam eder.

4. İkinci guruptaki sıralanmanın en *tipik* örneği, bence, Maxwell¹⁶'in *elektromagnetik* teorisi ve uzantılarıdır. İnsanlar, 1873 den önce elektrik ve magnetizma hakkında oldukça geniş bilgiye sahipti ve o bilgileri kullanarak elektrik motorları, telgraf ve telefon cihazları üretmeye başlamışlardı. Elektrik alanını **E** (ve **D**), magnetik alanı da **H** (ve **B**) ile göstererek güzel hesaplar da yapıyorlardı. Maxwell 1873 yılında yayınlanan kitabında bu alanların birbirinden ayrı şeyler olmadıklarını, aynı bir olayın farklı iki bileşeni olduklarını ve bir diferansiyel denklem takımını sağladıklarını *iddia etmişti*. O denklemler bugün bizim kullanmakta olduğumuz notasyonla şöyle yazılıyor:

$$\begin{aligned} \text{rot}\mathbf{E} + \frac{\partial}{\partial t}\mathbf{B} &= 0, & \text{div}\mathbf{D} &= \rho \\ \text{rot}\mathbf{H} - \frac{\partial}{\partial t}\mathbf{D} &= \mathbf{J}, & \text{div}\mathbf{B} &= 0. \end{aligned}$$

Üçüncü denklemde yer alan **D** alanı ihmal edildiğinde, bu denklemlerin ilki Maxwell'den 40 yıl kadar önce İngiltere'de Faraday¹⁷, üçüncüsü de 50 yıl kadar önce Fransa'da Ampère¹⁸ tarafından keşfedilmiş bulunan yasaları ifade ediyordu. Diğer denklemler de statik alanlarla ilgili olarak Gauss¹⁹ zamanından beri bilinmekte olan teoremlerdi. Üçüncü denkleme **D** nin niçin eklenmiş olduğu, özellikle de niçin eksi işaretle eklendiği bilinmiyor. Maxwell'in dâhiyane sezgisinin belirtisi olan o terim insanoğlunun kaderini değiştiren bir olay oldu. Çünkü o terimin varlığı elektrik ve magnetik alanın tüm bileşenlerinin (ve onlarla ilgili her fonksiyonun), basit ortamlarda

$$\Delta E - \varepsilon\mu \frac{\partial^2}{\partial t^2} E - \sigma\mu \frac{\partial}{\partial t} E = f(x,y,z,t)$$

gibi bir denklemi sağladığını söylüyordu. **D** nin önündeki o eksi işaret bu denklemde zamana göre alınmış ikinci mertebeden türevin önündeki işaretin de eksi olmasına neden oldu. O devrin matematikçileri, böyle bir denklemi sağlayan olayın sonlu bir hızla yayılan bir dalga olayı olduğunu iddia etmeye başladılar. Onlar iddia ediyordu ama ne fizikçilerin ne de mühendislerin böyle bir dalgadan haberleri vardı. Tartışmalar 1887 yılına kadar, 14 yıl süresince, hiç bir işe yaramadan sürüp gitti. 1887 yılında Almanya'da Hertz²⁰ çok basit bir deneyle böyle bir dalganın gerçekten var olduğunu gördü ve tüm dünyaya ilan etti. Bu dalga enerji taşıyabiliyordu ve mühendislik amacıyla kullanılabilirdi. Böylece fizik yeni bir konu, mühendislik de yeni bir yol bulmuştu. Sözü edilen fizik konusu *elektromagnetizma* (veya *elektromagnetik teori*), mühendislik dalı da *radyo mühendisliği* oldu. O günden sonra, uygarlığın yönü hızla değişti. Işık olayının da bir *elektromagnetik* dalga olduğu anlaşıldı. Radyo ile haberleşme (1896), radar (1940), lazer (1957), tomografi (1984) v.d. uygulamalar peş peşe geldi. Bugün bunların her biri, ayrı ayrı, hızla genişleyen mühendislik alanlarıdır.

Elektromagnetik Teorinin '*deneyden önce teori*' için örnek olması sadece bu söylediklerimden ibaret kalmadı. O teori, bugün *Özel Rölativite Teorisi* olarak bilinen teorinin temelini oluşturan Lorentz²¹ formüllerini de içinde barındırıyordu (Lorentz formüllerinin Maxwell denklemlerinde saklı olduğu yıllar sonra ortaya çıktı[1]). Bu nedenle, bugün hemen hemen herkesin bildiği o meşhur $E = mc^2$ denkleminin ve o denklem üzerine oturan *nükleer mühendisliğin* temelinin de Maxwell'in Teorisi olduğunu söylemenin yadırganacak bir iddia olmayacağını düşünüyorum.

Lorentz formüllerini Maxwell denklemlerinden, Oxyz referans sistemine²² göre sabit bir v hızıyla hareket eden Q değerindeki bir elektrik yükünün yaratmış olduğu alanının ifadesini hem Oxyz sisteminde hem de yükle birlikte hareket eden O'x'y'z' sisteminde, ayrı ayrı hesaplayıp sonuçları

¹⁷ M. Faraday (1791-1867). Yasanın keşfi 1831.

¹⁸ A. M. Ampère (1775-1836). Yasanın keşfi 1820.

¹⁹ C. F. Gauss (1777-1855)

²⁰ H.R.Hertz (1857-1938).

²¹ H. A. Lorentz (1853-1928). Lorentz formülleri 1904. Nobel ödülü 1902.

²² Burada sözü edilen referans sistemleri Galile sistemi (inertial) olarak adlandırılan *soyut* sistemlerdir.

¹³ Bunları fizikçi olarak değerlendirmek de mümkündür.

¹⁴ Galileo Galilei (1546-1642)

¹⁵ Apollonius (MÖ. 262-190)

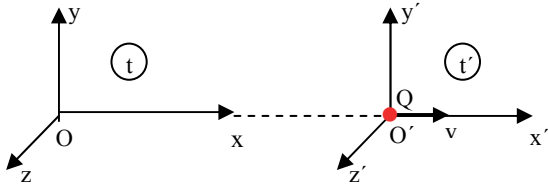
¹⁶ J.C.Maxwell (1831-1879). Teori 1873 yılında basılan

Treatise on electricity and magnetism adlı kitapta yer aldı.

karşılaştırarak çıkarmak mümkündür [1],[2] (bak. Şek.-2). Bu karşılaştırma, Oxyz ve O'x'y'z' sistemlerinde kullanılan zaman parametrelerinin birbirinden farklı olması ve uzay koordinatları ile birlikte dönüşüme uğramaları gerektiğini, yani, bilim insanları için fizik uzayın dört boyutlu olduğunu gösterir:

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c_0^2}}, \quad y = y',$$

$$z = z', \quad t = \frac{t' + (v/c_0^2)x'}{\sqrt{1 - v^2/c_0^2}}$$



Şekil 2

Fakat tarihi gelişmeler söylediğim gibi olmadı. Tartışma, önce, ışık dalgasının taşıyıcısı olarak Huygens²³ tarafından fiziğe ithal edilen ve tüm evreni doldurduğu düşünülen eter'in içinde Dünya'nın hareketini (mutlak hareket) belirlemek ve bu harekete ait hızı ortaya çıkarmak amacıyla 19. yüzyılın sonlarında yapılan deneylerin²⁴ teorik hesaplarla uyuşmamasından çıktı. Deney sonuçlarını teorik hesaplara uydurabilmek amacıyla o günlerin en önde gelen fizikçilerinden Lorentz ile en büyük matematikçilerinden Poincaré²⁵'nin göstermiş olduğu çabalar bugün Lorentz'in adıyla anılan o formülleri ortaya koydu. Lorentz, o formüllerde yer alan t nin zamanı gösteriyorlardı. Bu iddia t' nün sadece bir *matematik parametre* olduğunu, bir fizik karşılığının bulunmadığını söylüyordu.

Bir yıl sonra Einstein²⁶, farklı yerlerde aynı anda oluşan iki olayın hareket halindeki gözlemciler tarafından eş-zamanlı değerlendirilemeyeceğini, ama ışığın hızını herkesin aynı değerde gözlemleyeceğini varsayarak aynı formülleri yeniden ortaya çıkardı. Ona göre hem t hem de t' zamandı ve ilgili oldukları sistemlerde zamanı gösteriyorlardı. Bu iddia hem Newton mekaniğinin temelini oluşturan mutlak zaman ve mutlak uzay kavramlarını, hem de Huygens'in eter teorisini tümünden reddediyordu. Einstein'dan hemen sonra, o formüllerin üzerine oturan ve *özel rölativite teorisi* olarak adlandırılan teori Einstein'ın adıyla özdeşleşti ve Einstein'a tarih boyunca hiç kimseye nasip olmamış bir ün ve saygınlık kazandırdı. Çünkü onun sayesinde bilim dünyası büyük bir deprem yaşamıştı.

²³ C. Huygens (1629-1695)

²⁴ Michelson-Morley deneyi : 1881.

A. A. Michelson (1852-1931), Nobel ödülü 1907.

E. Morley (1838-1923)

²⁵ H. Poincaré (1854-1912)

²⁶ A. Einstein (1879 -1955). Nobel ödülü 1921.

5. Bu konuyu kapatırken, konuşmamın esas amacının dışında olan fakat benim çok ilginç ve dramatik olduğunu düşündüğüm bir hususa dikkatinizi çekmek istiyorum. 1905 yılında fizik dünyasında dikkatler şu 3 isim üzerinde yoğunlaşmış durumdaydı:

1. Lorentz, 52 yaşında, Nobel ödülü sahibi
2. Poincaré, 51 yaşında, çok saygın bir matematikçi
3. Einstein, 26 yaşında, henüz tanınmayan, doktora olmayan biri.

İlk ikisi birbirinden ayrı fakat iletişim halinde yapmış oldukları bir seri yayınla 1904 yılında, üçüncüsü ise 1905 de aynı formülleri çıkarmışlardı. Ama teori üçüncüye mal edildi ve onu efsaneleştirdi. Lorentz ve Poincaré 1905 den sonraki gelişmeleri sessizce izlemiş gözüktüler. Ama çok büyük bir eseri kaptırılmış oldukları için, üzülmediklerini söylemenin gerçekçi bir davranış olacağı sanmıyorum. Hatta ağır depresyon geçirmiş oldukları bile düşünülebilir. Peki, sonuç neden böyle oldu? Poincaré ve Lorentz'in yıllarca süren o inatçı çabaları neden yok muamelesi gördü? Bunun nedeni, bence, el yordamıyla çıkarmış oldukları kendi formüllerini doğru yorumlayamamış (anlamamış!) veya yorumlamak cesaretini gösterememiş olmalarıdır. Lorentz'in o formüllerde yer alan t' için, 'o zaman boyutundadır ama zaman değildir, sadece bir matematik parametredir', demesi çok şaşırtıcıdır. Çünkü formüller apaçık biçimde t ve t' bakımından simetrik yapıda gözükmüyor. Neden t zaman oluyor da t' olmuyor? Ayrıca, her ikisinin de yorumlarını eter kavramına bağlı kalarak yapmaya çalışmaları²⁷ o üzücü sonucu doğurdu. Çok büyük şeyler yapmış olan o insanlar, yorumlarını gençlik (hatta çocukluk) yıllarında beyinlerini *formatlamış olan* mutlak zaman ve eter kavramları çerçevesinde yapmaktan kendilerini kurtaramadılar. Ama onlara göre çok genç olan ve üniversiteye hazırlık yılında²⁸ her konuyu serbestçe tartışmak alışkanlığını edinmiş bulunan Einstein, beyni o kavramlarla formatlanmamış olduğu için, yorumlarını cesaretle yapabildi ve hareket halindeki gözlemcilerin farklı zaman değerlendirmeleri olduğunu iddia ederek 200 yıldan daha uzun bir zamandan beri zihinlere yerleşmiş bulunan mutlak zaman, mutlak uzay ve eter kavramlarının geçersiz olduklarını söyleyerek teorinin rakipsiz sahibi oldu.

Sözünü ettiğim formatlanma, başka bir biçimde Einstein'ın kendisinde de gözleniyor. Einstein inatçı bir *determinist*'ti. Başlangıçta kuantum devriminin ortaya çıkmasına destek olmasına karşın, 1925 yılından sonraki gelişmeleri deterministik bulmayarak, ömrünün sonuna kadar kuantum mekaniğine karşı çıkmıştı. '*Tanrı zar atmaz*' sözünü herkesin bildiğini sanıyorum.

²⁷ Hem Lorentz hem de Poincaré ömürlerinin sonuna kadar eter kavramını terk etmediler. Buldukları formülleri o çerçevede savunmaya çalıştılar.

²⁸ Einstein 1895 yılında 16 yaşındayken Zurich Polytechnic'in giriş sınavına girmiş fakat kazanamamış. Sınava hazırlanmak amacıyla gittiği Aarau kasabasındaki okulda karşılaştığı ortam ona her konuyu serbestçe düşünme ve cesaretle tartışma alışkanlığı kazandırmış. Orada edindiği *düşünsel deney* (Gedankenexperiment) alışkanlığı kariyerinin temel özelliği olmuş. Hem özel rölativitenin hem de genel rölativitenin temelini oluşturan düşünsel deneylerin (ışıkla ilgili) o okulda zihnine yerleşmiş olduğu anlaşılıyor.

Dinle ilişkisine dair bir soruya vermiş olduğu şu cevap da belleğindeki determinist formatın ürünüdür:

'Ben deterministim. Özgür iradeye inanmam. Yahudiler özgür iradeye inanırlar. Onlar insanın kendi hayatını kendisinin biçimlendirdiğine inanırlar. Ben bu doktrini reddederim. Bu nedenle, ben Yahudi değilimdir'.

Yukarıda söylediklerim, çocukluk ve gençlik yıllarında insanların beyinlerinin belirli bir biçimde formatlanmış olmasının daha sonraki zamanlarda onların düşünce sistemlerini ve kararlarını ne denli etkilemekte olduğunu açıkça göstermektedir. Sonradan gelen ve o formata uymayan yönlendirmelere (kavramlara) karşı bir isteksizlik ve hatta direnç oluşmaktadır. Bugünlerde, öğrenim çağındaki çocuklarımızın beyinlerinin, çok küçük yaşlardan başlayarak, serbest düşünmeyi ve tartışmayı yasaklayan din ağırlıklı eğitimle formatlanmaya çalışılmasının, yüz yıl kadar önce öğretmenlerimize verilmiş olan 'öğretmenler cumhuriyet sizden fikri hür, vicdanı hür, irfanı hür nesiller ister' direktifi²⁹ ile nasıl çeliştiğini görmek, ulusumuzun geleceği için beni çok ürkütmektedir.

6. Şimdi gene esas konumuza dönelim. Yukarıda sözünü etmiş olduğum örneklerde matematik ya en önde itici ya da orta konumda aktarıcı bir rol oynuyor gibi görünüyor. Fakat geçmişte bunun tersi olan, çok önemli ve ilginç olaylar da yaşanmıştır: Teorik fizik ve mühendislikteki gelişmeler zaman zaman mevcut matematiğin önüne geçmiş, onun hangi yönde gelişmesi gerektiğini göstermiştir. Bu türden matematikler önce, matematikçilerin yadırgamasına rağmen, fizikçiler ve mühendisler tarafından *acemice* kullanılmaya başlanmış, sonra da matematikçiler tarafından sağlam temellerle matematiğe ithal edilmişlerdir. Bunun en tipik örneği, bence, matematikteki devrim nitelikli gelişmelerden biri olan *distribüsyon* (veya genelleştirilmiş fonksiyon) kavramıdır. Distribüsyonların ilk örneği, bugün Dirac³⁰ fonksiyonu olarak bilinen ve klasik anlamda fonksiyon olmayan $\delta(t)$ *fonksiyonudur*. Önce, 1876 yılında tanınmış bir fizikçi olan Kirchoff [3], daha sonra, gene tanınmış bir fizikçi olan Dirac [4] tarafından *acemice* kullanılmış olan bu fonksiyon fizikçiler ve mühendisler tarafından çok benimsenmiş ve bol bol kullanılmıştır. Bulunan sonuçların önemini kavrayan matematikçiler, bu elemanı matematiğe sağlam temellerle kazandırmak için çaba göstermeye başlamışlar. Böylece, 1950 yılında L. Schwartz³¹ [5] *distribüsyon* adını verdiği kavramı matematik literatürüne kazandırmış oldu. Bu kavram, fizik bakımından çok önemli olan ve sürekli olmayan (veya sürekli bir türeve sahip bulunmayan) fonksiyonlara da bir türev karşı getirmektedir. Ben 1973 yılında Maxwell denklemlerinin bu anlamda geçerli olduklarını bir *varsayım* şeklinde iddia ederek [6], değişik bünyeye sahip ortamların arakesitinde *elektromagnetik* alanın gösterebileceği süreksizliği en genel haliyle çıkarmıştım. Benim koyduğum varsayım, alana ilişkin her bileşenin, *distribüsyon* anlamında (bak. Şek.-3)

²⁹ Bu sözler 25 Ağustos 1924 de, Öğretmenler Birliği Kongresi'nde Atatürk tarafından söylenmiştir.

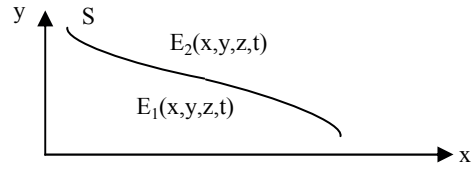
³⁰ P.A.M. Dirac (1901-1984). Nobel Ödülü 1933.

³¹ Laurent Schwartz (1915-2002). Fields Medal, 1950.

$$E(x,y,z,t) = \{E(x,y,z,t)\} + E_0(x,y,z,t)\delta(S)$$

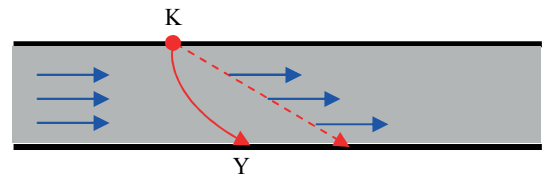
$$+ E_1(x,y,z,t)\delta'(S) + \dots + E_n(x,y,z,t)\delta^{(n)}(S)$$

şeklinde yazılabileceğini iddia ediyordu. Bu ifadede yer alan ve $\delta(S)$ (ve türevleri) ile birlikte gözüken terimler süreksizliğin söz konusu olduğu S yüzeyine yoğunlaşmış distribüsyonları (alanın *tekil kısımlarını*) gösterir. Yaylı parantezin içindeki terim ise, süreksizlik yüzeyinin dışında tanımlı olan ve klasik anlamdaki fonksiyonlarla gösterilen (*regüler*) kısımdır. Bu yaklaşımla çıkarmış olduğum ve değişik zamanlarda değişik dergilerde yayınladığım bazı sonuçlar bugünlerde yapay malzemelerle oluşturulmaya çalışılan ve *meta-surfaces* olarak adlandırılan yapıların teorik incelenmesinde temel rol oynuyor. Bu konuda dış dünyada çok yoğun araştırma ve yayın yapılmaktadır.



Şekil 3

7. Konuşmamın başında sizlere matematik, fizik ve mühendisliğin iç içe geçmiş bir faaliyet olduğunu, yapılan bir işin matematik mi, fizik mi, yoksa mühendislik mi olduğunu söylemenin bazen çok zor olduğunu söylemiştim. Şimdi bu konuyu biraz daha açıklığa kavuşturmak, mühendisliğin ortaya koymuş olduğu matematik problemlerin türünden söz etmek istiyorum. Bu problemler, genellikle, *ters problem* olarak adlandırılan türden problemlerdir. Buradaki *ters* sözcüğünün ne anlama geldiğini belirtmek için şu basit örneği göz önüne alalım. İstanbul Boğazı'nın Anadolu yakasında, Kandilli'de oturan bir iş adamı, her gün, motorla Avrupa yakasına geçip oradan işine gitmek istesin. Ne kadar zaman sonra karşı yakaya ve nereye varacağını bilmek istediğinde, motorun ve Boğazdaki akıntının hızını ve

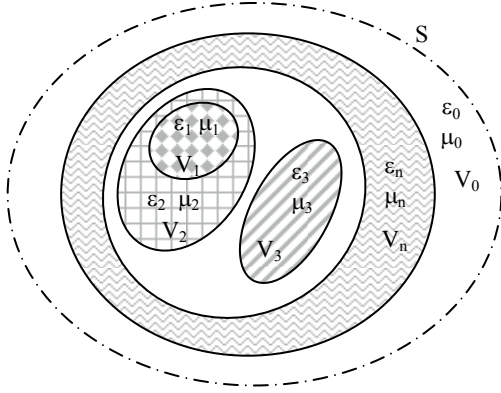


Şekil 4

motorun yönünü göz önünde bulundurarak basit bir hesap yapıp hem zamanı hem de varacağı noktayı kolayca belirler (bak. Şek.-4). Bu bir *düz* problemdir. Hem matematikçi, hem fizikçi, hem de mühendis bu türden problemlerle ilgilenir. Ama o iş adamı hem zamanı hem de varılan noktayı beğenmez ise ve '20 dakika içinde Yeniköy iskelesine varmak istiyorum, bana motorun hızını ve rotasını söyleyin', derse, iş değişir. Düz problem halinde biliniyor olan hız ve rota şimdi bilinmeyen konumundadır ve belirlenecekler arasındadır. Buna karşılık, düz problem halinde bilinmeyen konumunda olan zaman ve varış noktası biliniyordur. İşte terslik buradadır. Ay'a, Mars'a ve diğer gezegenlere gönderilen araçlar veya askeri amaçlarla kullanılan füzeler,

tahribatsız muayene (tomografi) amacıyla kullanılan sistemler hep bu türden ters problemler ortaya çıkarır. Burada sözünü ettiğim türden ters problemlere, genellikle, matematikçiler ve fizikçiler ilgi göstermezler; onlar mühendislerin problemidir.

Bu günlerde üzerinde çok çalışılan bir konu olduğu için tomografinin temel problemi hakkında da birkaç söz söylemek istiyorum. Konu, insan vücudundaki kanserli bir bölgenin veya urun, canlı dokuya zarar vermeden, dışarıdan yapılacak ölçmelerle belirlenmesidir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerin birinde, söz konusu organ dışarıdan gönderilen, çok kısa süreli bir ışık darbesi ile aydınlatılır (foto-akustik tomografi). Bu darbenin etkisi ile canlı ortamda bir basınç dalgası oluşur ve bu dalga dışarıya doğru yayılmaya başlar. Kanserli dokunun ışıktan etkilenmesi normal dokununkinden farklı olduğu için, oluşan basınç dalgasının $t = 0$ anındaki değeri de (başlangıç değeri) kanserli ve normal dokularda farklıdır. Yöntem, bu farkı göz önüne alarak, dışarıdaki bir S yüzeyinin üzerinde basınç dalgasını ölçerek içerideki noktalarda basıncın başlangıç değerini (yani biyolojik yapıyı!) açıklığa kavuşturmaktan ibarettir (Bak. şek.-5).



Şekil 5

İçerideki yapı ve başlangıç değerleri biliniyor olsaydı, basınç fonksiyonunun dışarıdaki her noktada (ve S üzerinde!) değeri

$$\left\{ \operatorname{div} \left(\frac{1}{\epsilon} \operatorname{grad} p \right) \right\} - \left\{ \mu \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \right\} = 0, \quad x \in \mathbb{R}^3, \quad t > 0$$

gibi bir denklemi

$$p(x, +0) = p_0(x), \quad \frac{\partial}{\partial t} p(x, +0) = v_0(x), \quad x \in \mathbb{R}^3$$

koşulları altında çözerek belirlenebilirdi (*düz problem*). Ama tomografi olayında bilinmeyenler $p_0(x)$ ve $v_0(x)$ başlangıç değerleridir. Bu nedenle, bu bir *ters problem*'dir (*ters başlangıç-değer problemi*). Problemin bu haliyle çözümü, $t > 0$ koşulu nedeniyle, oldukça zor görünüyor. Ama bunu, biraz önce size sözünü etmiş olduğum distribüsyon kavramını kullanarak, distribüsyon anlamında

$$\operatorname{div} \left(\frac{1}{\epsilon} \operatorname{grad} p \right) - \mu \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = -\mu p_0(x) \delta'(t) - \mu v_0(x) \delta(t),$$

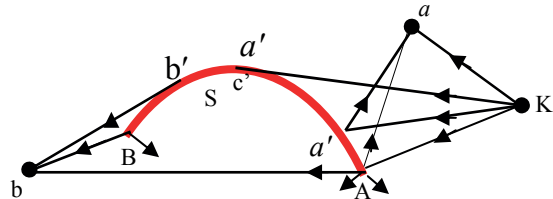
$$x \in \mathbb{R}^3, t \in \mathbb{R}$$

denkleme çevirirsek, t nin değişim aralığı $(-\infty, \infty)$ olur ve Fourier dönüşümü kullanılarak nispeten kolayca çözülebilir hale gelir. Problem artık dışarıdaki bir S yüzeyi üzerinde ölçülecek $p(x)$ (ve türevi!) değerleri kullanılarak $p_0(x)$ ve $v_0(x)$ fonksiyonlarının belirlenmesinden ibaret hale dönüşmüştür (*ters kaynak problemi*). Biz 2012 yılında, $v_0(x) = 0$ olması durumunda bu problemin çözümünü bulmuştuk [7]. Geometriden bağımsız olan o *genel* sonuç foto-akustik tomografi bakımından çok önemliydi. Ama problemin $v_0(x) \neq 0$ varsayımı altında da çözülmesi gerekir. Bu henüz açık bir problem olarak ortada durmaktadır.

8. Son olarak, bir hususa daha dikkatinizi çekmek istiyorum: Mühendis kendi problemini kendisi çözmek zorundadır. Çünkü bir problemin çözümünden matematikçinin anladığı mühendisin anladığından farklıdır. Matematikçi için önemli olan şunlardır:

1. Problemin çözümü vardır (veya yoktur)
2. Problemin çözümü tektir (veya tek değildir)
3. Problemin çözümü *şöyle* bir işlemlerle belirlenir.

Son aşamadaki işlem bazen sonsuz defa tekrar edilen iterasyonlar, bazen sonsuz terimden oluşan bir veya çok katlı toplamlar (seri), bazen hesabı açık olarak yapılamayan integraller şeklindedir. Mühendis için de bunlar önemlidir ama mühendisin beklediği bunun çok ötesinde bir şeydir. Mühendis, çözüm diye ortaya konmuş bulunan ifadenin mühendislik bakımından kolayca *yorumlanacak* bir biçimde olmasını ister. Bu nedenle, varlığıyla ifadeyi karmaşık hale getiren fakat sonuca katkısı ihmal edilecek (veya ölçülemeyecek) kadar küçük olan terimlerin fark edilerek ayıklanması gerekir. Kullandığımız ve mükemmel olduklarını söylediğimiz bütün cihazların tasarımında bu türden ayıklamalar vardır. Şekil-6 bir reflektör anten üzerinde oluşan ve mühendislik bakımından önemli etkileri olan dalgaları (bileşenleri) göstermektedir. Matematik ifade bu bileşenlerin taşıdığı enerjinin tümünü verir. Bu ifadeden hareketle, bilgisayar desteği ile bulunacak olan ondalık sayılar her bileşenin ne kadar enerji taşıdığını bilmemize olanak sağlamaz. Matematikçi için önemi olmayan bu bileşenler mühendis için son derecede önemlidir. Konuşmamın başında size söylemiş olduğum, *önemli olanla önemsiz olanı ayırt etmek yeteneği* işte bu aşamada hayati rol oynar.



Şekil 6

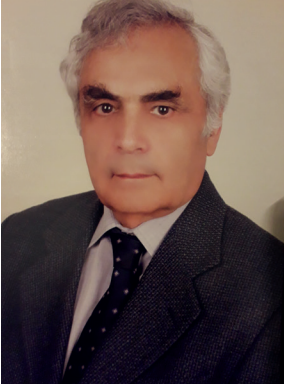
Beni sabırla dinlemiş olduğunuz için hepinize çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1] M. İdemen, Derivation of the Lorentz transformation from the Maxwell equations, J. Electrmagn. Waves Appl. (JEMWA), vol. 19 (4), pp: 451-467, 2005.
- [2] M. İdemen, Discontinuities in the electromagnetic field, John-Wiley, 2011.
- [3] G.R. Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, Band-1, Mechanik, Leipzig, Teubner, p. 315, 1876.

- [4] P.A.M.D. Dirac, The physical interpretation of the quantum mechanics, Proc. Roy. Soc. A, Vol. 113, pp: 621- 641, 1926.
- [5] L. Schwartz, Théorie des distributions, 1950.
- [6] M. İdemen, The Maxwell equations in the sense of distributions, IEEE Trans. Antennas and Propagat., Vol.21, pp:736-738, 1973.
- [7] M. İdemen, A. Alkumru, On an inverse source problem connected with photo-acoustic and thermo-acoustic tomography, Wave Motion, vol. 49, pp: 595-604, 2012.

Mithat İDEMEN



Mithat İdemem 1958 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Fakültesinden yüksek mühendis ünvanı ile mezun olduktan sonra Makina Fakültesi Yüksek Matematik Kürsüsü'nde asistan olarak göreve başlamıştır. Kazandığı bir NATO bursu ile 1960-63 yıllarında Paris Üniversitesi Fen Fakültesi Elektronik Enstitüsü'nde Teorik Fizik dalında doktora yapmış, 1969 da Matematik dalında doçent, 1975 yılında da Elektromagnetik Alanlar Kürsüsü'nde profesör olmuştur. İTÜ de değişik kademelerde 1997 yılına kadar sürdürdüğü öğretim üyeliği görevine ek olarak, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Matematik Bölümü'nde de değişik düzeylerde araştırma uzmanı ve Bölüm Başkanı olarak görev almış, iki defa da TUBITAK Bilim Kurulu üyeliğine seçilmiştir (1995, 2001- 2002).

Geliştirdiği bir *entegral dönüşüm* ve onun *kırınımın geometrik teorisi'* ndeki uygulamaları nedeniyle Sedat Simavi Bilim Ödülünü (1981), *dalga yayılımı*'ndaki çalışmaları nedeniyle TÜBİTAK Bilim Ödülünü (1983), *kuramsal ve uygulamalı* araştırmaları nedeniyle de İTÜ Vakfı Bilim ve Teknoloji Ödülünü (1997) almış olan Mithat İdemem AMS (American Mathematical Society), SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) ve WIF (World Innovation Foundation) gibi uluslararası mesleki örgütlerin üyesidir.

1993 yılında TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi)'ya üye seçilmiş bulunan Mithat İdemem Hükümet'in Akademi'ye müdahalesini protesto ederek 2011 yılında TÜBA üyeliğinden istifa etmiştir. Elektromagnetik Dalgaların yayılımına ilişkin temel araştırmaları nedeniyle 2005 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Onursal Doktora, 2008 yılında da Uluslararası MMET (Mathematical Methods in Electromagnetic Theory) Konferansı'nda N.A. Khizhnyak ödülünü almış olan Mithat İdemem'in uluslararası nitelikteki değişik dergilerde yayınlanmış 64 makalesi, aynı nitelikteki kongrelere sunulmuş 36 bildirisi ve biri John-Wiley tarafından İngilizce, diğerleri de İTÜ Vakfı ve Okan Üniversitesi tarafından Türkçe başılmış 5 kitabı vardır.