

bilim ve teknolojide devrimler yaratan bir olay: elektrik

kemal İNAN

UDK: 637 - 621.3(091)

ÖZET

Tarih boyunca elektrik ve magnetik olaylara ilişkin yapılan gözlemler ve buluşlar 19. yüzyılda yepyeni bir teknolojinin doğmasına yol açtı. Bu teknolojinin doğmasında elektrik ve magnetizma arasındaki ilişkilerin açığa çıkmasını sağlayacak bir bilgi birikimine erişilmiş olmanın yanı sıra kapitalist gelişmenin neden olduğu itici güç de önemli bir rol oynamıştır. 19. yüzyılda daha çok bireysel atılımlar aracılığı ile gerçekleşen bilimsel ve teknolojik buluşlar 20 yüzyılda yerlerini kolektif çabaların ürünü olarak ortaya çıkan birçok etkin ve yaygın bilim ve teknoloji dallarına bırakmıştır.

Bu yazıda elektriğin tarihsel gelişimi -19. yüzyıldaki teknolojik patlamaya daha geniş bir yer vererek-sunulmakta ve bilimsel ve teknolojik buluşlara yol açan nesnel nedenlerin üzerinde özellikle durulmaya çalışılmaktadır.

SUMMARY

Observations and inventions throughout history related to electricity and magnetism led to the birth of an entirely new branch of technology in the 19th century. The accumulated scientific knowledge which was instrumental in bringing out the electricity-magnetism interrelation into the open as well as the dynamics of the capitalist development played an important role in the emergence of this new technology. The scientific and technological developments of the 19th century which were based mostly on individualistic entrepreneurship transformed into new branches of science and technology with widespread applications in the 20th century. These advancements were realized through collectively organized research and development efforts.

in this article the historical development of electricity •in which the technological explosion of the 19th century is treated in a more detailed framework- is presented. in particular the objective reasons behind the scientific and technological inventions have been emphasized.

Bilim ve teknoloji yüzyıllar boyunca kimi zaman yavaş kimi zaman hızlı bir biçimde gelişerek bugünkü yerine ulaşmıştır. Bu gelişme süreci içinde 20. yüzyıl, özellikle 20. yüzyılın yaşamakta olduğumuz ikinci yarısı, ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Bu ayrıcalık bilim ve teknolojideki çağdaş gelişmelerin, önceki yüzyıllar ile karşılaştırıldığında, en iç içe ve en yaygın bir biçimde yer almasından doğmaktadır. Bu görüşü yeryüzünde yaşamış veya yaşamakta olan tüm bilim adamlarının % 90'ının bugün yaşa-

Kihnaltman, Y:Prof.Br, ODTÜ

makta olduğunu söyleyerek kanıtlamak olasıdır. 20. yüzyıla bu özelliği veren nedenleri incelersek kaldırdığımız her taşın altında elektrik diye adlandırdığımız olayın yer aldığını görürüz.

20. yüzyılda üç önemli, teknolojik devrim olarak nitelendirilebilecek gelişmeye tanık oluyoruz: Enerji iletim devrimi, bilgi iletişim devrimi ve bilgi işlem veya bilgisayarlar devrimi. Çağdaş insanın günlük yaşantısına kadar girecek, toplumların kültürlerini derinden etkileyen bu teknolojik devrimlerin üçü de elektrik tarihindeki gelişmeler zincirinin en önemli ve çağdaş halkalarıdır.

Elektrik 19. yüzyılın başına kadar önemli bir teknolojik uygulama olanağı sağlayamamış, meraklıların ilgilendiği esrarengiz ve sevimli bir oyuncaktı. 19. yüzyılda yepyeni teknolojik olanakların doğmasına yolaçan elektromagnetizma dalındaki bilimsel gelişmeler birdenbire farklı bir ortam oluşturdu. Bilimsel bir geleneği bile olmayan yepyeni bir konu inanılmaz denecek ölçüde geniş uygulama alanları açıyordu. İşte böyle bir ortam içinde başlayan teknolojik gelişmeler hızla ilerleyerek bugünkü teknolojik düzeye erişildi.

Bu yazımızda ilkçağlardan beri insanlar tarafından gözlenen elektrik ve magnetik olayların çıplak gözlemlerden bir bilim ve teknoloji dalına dönüşmesinin öyküsünü sunmaya çalışacağız.

İLK GÖZLEMLER

Yeryüzünde sık rastlanan madenlerden biri 'magnetit' adı ile bilinen ve kimyasal kompozisyonu Fe_3O_4 ile gösterilen bir demir cevheridir. Bu cevher diğer demir cevherlerinden farklı olarak magnetik özelliklere sahiptir. Mıknatıs taşı dediğimiz kendinden mıknatıslı magnetit cevherine doğada sık olmasa da rastlamak mümkündür, işte insanoğlunun magnetizma üzerindeki ilk gözlemleri de bu mıknatıs taşı dediğimiz cevher aracılığı ile gerçekleşmiştir.

i.ö. 2637 yılında Çin imparatorlarından Hvang-ti'nin arabasının üzerinde her yöne serbestçe dönebilen bir kadın heykelinin aslı olduğu ve bu heykelin bir kolunun sürekli olarak, içindeki mıknatıs taşı nedeni ile, güney yönünü gösterdiği tarihçilerce bize aktarılmaktadır. Ünlü Alman doğabilimcisi *Alexander von Humboldt* (1769-1859)'dan Çinlilerin i.ö. 1100 yıllarında mıknatıs taşları ile mıknatısladıkları madeni iğnelerden pusula yaptıklarını ve Çinli denizcilerin denize açıldıklarında bu tür pusulalardan yararlandıklarını öğreniyoruz.

Eski Çin'i izleyen önemli uygarlıklar Yunan ve onu izleyen Roma uygarlıklarıdır*. Est. Vjnan'da iyonya felsefe

okulunun kurucusu ünlü filozof Tales'in elektrik tarihinde önemli bir yeri vardır, öğretisi sonradan Aristo tarafından kaleme alınan Tales, elektrik ve magnetizmaya ilişkin önemli gözlemlerde bulunmuştur. Kehribarın sürtünme ile ot ve benzeri hafif cisimleri, mıknatıs taşının da demiri çekebilme özellikleri olduğu Tales'in bu gözlemleri arasında yer almaktadır. Tales daha da ileri giderek bu iki tür olay arasında ilişki kurmağa çalışmıştır. Ne var ki bilim ve teknoloji tarihinin en önemli patlamalarından birine yol açan elektrik ile magnetizma arasındaki ilişkinin açıklanabilmesi ancak 2400 yıl sonra gerçekleşebilecektir.

Elektrik ve mıknatıs (*magnet*) sözcüklerinin kökeni eski Yunanca'dan gelmektedir. Elektrostatiklenme özelliğine sahip olan kehribarın eski yunancası $\epsilon\lambda\epsilon\kappa\tau\rho\nu$ (*elektron*) sözcüğüdür. Mıknatıs (*magnet*) sözcüğünün de mıknatıs taşlarına oldukça sık rastlanan Batı Anadolu'daki *Magnesia* (bugünkü Manisa) bölgesinden türediği sanılmaktadır.

Elektrik ve magnetizma ile ilgili elimize geçen ilk yazılı belgeler eski Yunan ve Roma uygarlıklarından kalmadığı. Kehribarın elektrostatiklenmesine ilişkin ilk belgenin yazarı i.ö. 300 yılı dolaylarında yaşamış olan Teorastus adlı bir Yunanlıdır. "De Nerum Natura" adlı yapıtın yazarı Romalı şair Lükretyüs, bu yapıtında, mıknatıs taşının demir halkaları çekebildiğinden bir bakır kap içine konmuş demir tozunun kabin altındaki mıknatısın kımıldatılması ile gösterdiği hayret verici özelliklerden söz etmektedir.

İLK TEKNOLOJİK UYGULAMA: PUSULA

Ortaçağ, batı uygarlığı için tam anlamı ile yeniliklere kapalı, durağan ve karanlık bir dönem olmuştur. Bilindiği gibi bu dönemde Arap uygarlığı sürekli bir gelişme göstermiş ve batı uygarlığına düşün ve teknoloji alanlarında önemli katkılarda bulunmuştur. Bu katkılar arasında en önemlilerinden biri, batı uygarlığının ortaçağdaki ekonomik dengesini altüst ederek yeniden doğuş (*Rönesans*) çağına geçmede en belirgin rolü oynayan, deniz ticaretinin gelişmesine yol açan pusuladır. Pusulanın ilk bulunuş tarihine ilişkin elde kesin bir belge olmamakla beraber, bu buluşun Avrupa'ya, italyanlar aracılığı ile Arap uygarlığından geçmiş olduğu çoğu tarihçilerin üzerinde birleştikleri bir görüştür.

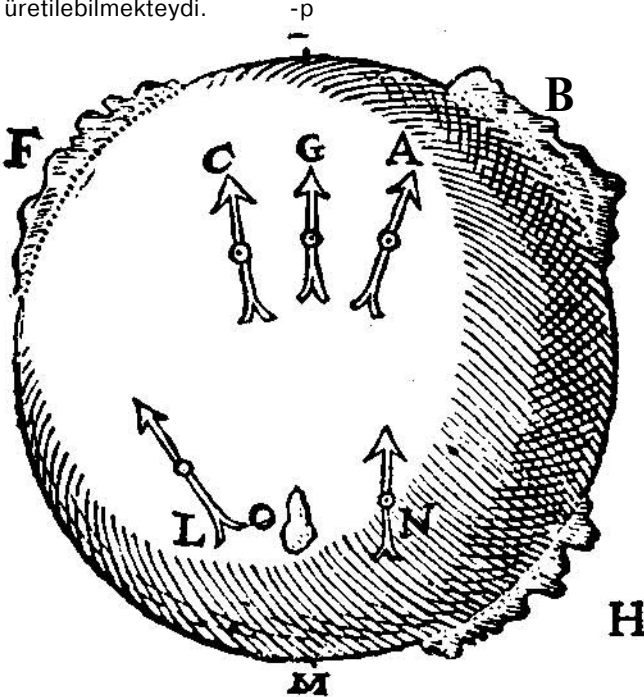
italyan tarihçi Blondus'a göre italyanlar 13. yüzyılda denizcilikte mıknatıslı pusula kullanmaktaydılar. Ünlü İngiliz bilim adamlarından Roger Bacon'ın öğrencisi *Petrus Peregrinus* (1240?-?), Fransız ordusunda görevli bir mühendis olarak katıldığı (Güney İtalya'daki) Luçera kuşatması (1269) sırasında, yüzen pusula ve çelik iğneli pusula

üzerinde yaptığı deneyleri bir arkadaşına yazdığı mektupta ayrıntılı bir biçimde yer vermiştir.

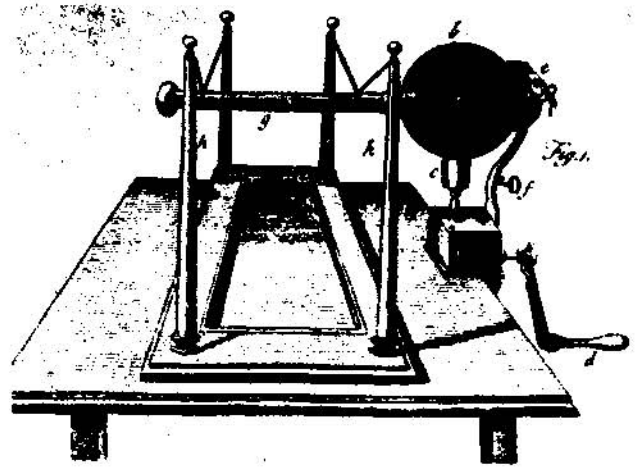
Pusulanın o zamanın en önemli teknolojik öğelerinden bir isisi oluşu magnetizma üzerindeki ilgiyi arttırmış bu konu üzerinde birçok kişinin çalışmasına yol açmıştı. Bu alanda yayımlanan ilk önemli yapıtın yazarı bir İngiliz tıp doktoru olan *William Gilbert* (1544-1603)'dir. 1601 yılında saraya İngiltere Kraliçesi 1. Elizabeth'in doktoru olarak atanan Gilbert, "De Magnete" (*Mıknatıslara Dair*) adlı kitabını 1600 yılında yayımladı. Gilbert'in bu kitabındaki en önemli katkısı dünyanın küresel bir mıknatıs olduğu ve pusula göstergesinin, daha önce Peregrinus'un sandığı gibi cenneti değil, dünyanın magnetik kutbunu gösterdiğini ortaya koymuş olmasıdır. Pusula göstergesinin kuzey-güney doğrultusu yansırı düşey yönde de sapma gösterdiğini ilk kez ortaya atan Gilbert olmuştur.

DURAĞAN ELEKTRİK ÜRETEN MAKİNALAR

Gilbert'i izleyen ilk önemli aşama Magdeburg kentinin belediye başkanı *Otto von Guericke* (1602-1686)'nin 1660 yılında yaptığı elektrik makinasıdır. Bilim tarihinde daha çok ilk vakum pompasını yapmış olması ile bilinen von Guericke'nin elektrik maki naşı kayışlı bir makara düzeneği ile döndürülen kükürt bir küreden oluşmaktaydı. Dönen kükürt topa çeşitli cisimlerin sürtülmesi ile o zamana göre büyük ölçülerde durağan elektrik üretilebilmekteydi.



Şekil 1. Gilbert'in dünyayı bir mıknatıs olarak imgelemesine ilişkin deney. Küre biçiminde bir mıknatısa dağları temsil eden demir yığınları iliştilirilmiş. Mıknatıslı göstergelerin kuzeye yöneldiği görülmekte. William Gilbert'in 1600 yılında Londra'da yayımlanmış "De Magnete" adlı kitabından.



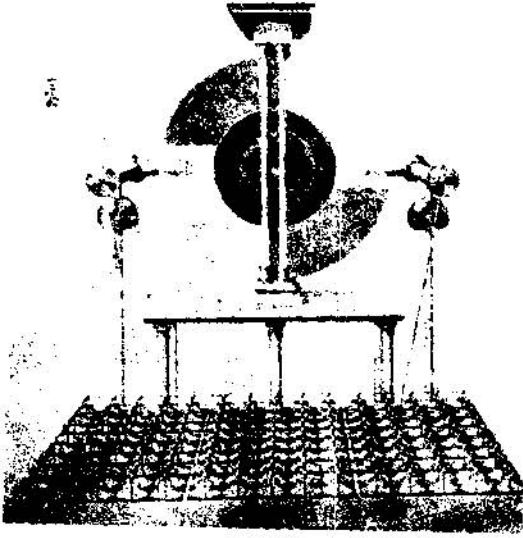
Şekil 2. Von Guericke'nin Elektrik Makinası.

Guericke'nin maki naşı çok kısa bir süre içinde büyük bir üne kavuştu. Avrupa'nın birçok kentinde bu makinaların benzerleri yapıldı ve durağan elektrikli cisimlerin tüy ve benzeri hafif cisimleri çekmesi ve elektriğin yol açtığı çatırtılar ve kıvılcımlar gözlemlendi. Ünlü bilim adamı Isaac Newton'un da durağan elektrik üreten makinalarla ilgilendiği ve 1629 yılında camdan bir küreyi elektrikleştiren bir maki nam n yapımı ile bizzat ilgilendiği bilinmektedir.

ELEKTRİK İLETİMİ ÜZERİNDE İLK DENEYLER

Elektriğin iletilebileceğini kanıtlayan ilk deneyler **Stephen Gray** (1696 - 1736) adlı bir İngiliz tarafında yapılmıştır. Elektrikleştirilmiş bir şişede elektriğin, şişenin mantar kapağına da geçtiğini gören Gray bu gözleminde kalkarak ipek, cam, metal, çubuk ve benzeri cisimleri ardarda iliştilirip elektriğin bu cisimler aracılığı ile iletilebileceğini kanıtladı. 1729 yılında bir arkadaşıyla yaptığı bir deneyde elektriği ardarda bağlı çeşitli cisimler aracılığı ile 255 metrelik bir uzaklığa kadar iletilebileceğini gösterdi. Çalışmalarından elde ettiği bilgiler ile çeşitli maddeleri iletken ve yalıtken olarak ilk kez sınıflandıran Stephen Gray olmuştur.

Fransa Kralı'nın bahçeler genel müdürü görevinde çalışan **Charles Dufay** (1698-1739) işi gereği bol boş zamana sahipti. Bu boş zamanını Gray'in başlattığı deneyleri sürdürmek amacı ile kullanan Dufay elektrikleştirilmiş cisimlerin bazen birbirlerini ittiğini bazen de çektiğini gözledi. Daha önce von Guericke tarafından da yapılmış olan bu gözlemleri daha ayrıntılı bir biçimde ele alarak biri reçinalı bir çubuk, öbürü de cam bir çubuk ile elektrikleştirilmiş iki şişe mantarının birbirlerini çektiğini gördü. Eğer mantarlar, ikisi de cam çubuk ile elektrikleştirilirse birbirlerini itiyorlardı. Bu gözlemleri üzerine Du-



Sekil 3. Bir elektrik makinası ile yüklenen Leyden şişelerinin oluşturduğu bir "batarya". 1820 yılında Londra'da yayınlanan "Ansiklopedi" adlı yapıttan alınmıştır.

fay iki tür elektriğin varlığını ortaya attı. Bu iki tür elektriği "camsal" (*vitreous*) ve "çamsal" (*resinous*)* olarak adlandırdı. İtme ve çekme olaylarını daha sonra artı ve eksi elektrik ile açıklayan Benjamin Franklin olmuştur.

LEYDEN ŞİŞESİ

Elektrik tarihinde adı geçen aygıtlardan biri Leyden şişesidir. 18. yüzyılın en gözde buluşlarından biri olan Leyden şişesinin mucidi Alman Deneycisi E.G. von Kleist olmakla beraber, aynı buluşu bir yıl sonra, yani 1746 yılında Kleist'dan bağımsız olarak Leyden (Hollanda'nın bir kenti) Üniversitesi profesörlerinden Peter von Muschenbrock'un da yapması ile buluş tarihe Leyden şişesi olarak geçmiştir.

Leyden şişesi içine metal bir çubuk batırılmış, yarısına kadar su veya cıva gibi bir sıvı ile dolu bir cam şişeden oluşmaktadır. Dielektrik ortamını cam şişenin oluşturduğu bu tarihteki ilk bilinçli olarak yapılmış sığaç, elektriğin depolanarak çeşitli deneylerde bir kaynak olarak kullanılabilmesini sağlamaktaydı.

Leyden şişesi de kısa bir sürede aynen von Guericke'nin elektrik makinası gibi Avrupa'da günün konusu haline geldi. Şişedeki metal çubuğa el değdirilerek çarpılma olayı sarayların eğlence konusunu ve meydanlarda gösteriler yapan birçok açığızün geçim kaynağını oluşturdu. Leyden şişeleri kimyasal doğru akım bataryasının bulunuşuna dek her türlü elektriksel deneyde gerilim kaynağı olarak kullanıldı.

* *resinous* = reçinalı ~ çam sakızlı

ÜMİTSİZ BİR DENEY: ELEKTRİĞİN HIZI

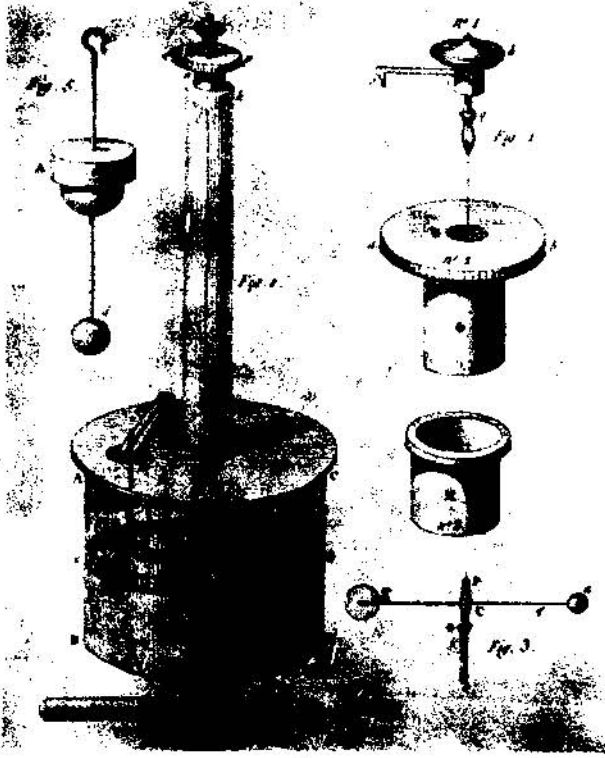
Leyden şişesinin bulunuşunu izleyen yıllarda elektriğin iletimine ilişkin deneyler arttı. Örneğin Fransa'da yapılan bir deneyde Leyden şişesindeki elektrik 4 km uzaklığa iletilebilmişti. Elektriğin iletilebilmesi insanlarda doğal olarak iletim hızının ne olduğu sorusuna yol açtı. Fransa'da ve İngiltere'de elektriğin hızını ölçmek için deneyler yapıldı. 1748 yılında İngiltere'de, gidiş hattını kurutulmuş dallar arasından geçirilen bir tel ve dönüş hattını toprağın oluşturduğu 4 km uzunluğundaki bir devrede Leyden şişesinden boşaltılan elektriğin hızını ölçebilmek amacı ile yapılan deneyde, iletimin anında yer aldığı dışında bir sonuca varılamadı.

ATMOSFER ELEKTRİĞİ VE BENJAMİN FRANKLİN

18. yüzyılın ilginç isimlerinden olan *Benjamin Franklin* (1706-1790) zamanının bir matbaacısı, yazarı, politikacı, diplomatı ve bilim adamıydı. Formel olarak ancak iki yıllık bir eğitimden geçmiş olan Franklin ilk deneylerine Leyden şişesi ile oynayarak başladı. Leyden şişesinden boşalan elektriğin oluşturduğu çatırtı ve kıvılcım ile fırtınalı havalardaki gökgürültüsü ve şimşek çakması arasında bir ilişki olması gerektiğini düşünen Franklin, 1752 yılında fırtınalı bir havada uçurduğu bir uçurtma ile bir Leyden şişesini yüklemeyi başardı. Burada Franklin'in talihli bir bilim adamı olduğunu söylemeden geçemeyeceğii. Çünkü kendisinden sonra aynı deneyi yapmak isteyen iki meraklı bir anda Leyden şişesi durumu na düşmüşler ve elektriğe çarpılarak ölmüşlerdir.

Franklin, yaptığı bu deneyi kısa bir süre içinde pratik uygulamaya koymayı başardı. Bugün de yıldırıma karşı bir korunma aracı olarak kullanılan ve toprağa bağlı bir metal çubuktan başka birşey olmayan paratonerin babası Franklin'dir. 1782 yılında Amerikanın Philadelphia kentinde 400'den fazla konut paratoner kullanılmaktaydı.

Franklin'in atmosfer elektriği dışında önemli katkılarından biri de artı ve eksi elektrik kavramlarını ortaya atmış olmasıdır. Daha önce Dufay tarafından ortaya atılmış olan iki tür elektriğin varlığına ilişkin görüşten haberdar olmayan Franklin arkadaşı Kinnersley ile birlikte yaptığı çeşitli deneylerin sonucunda elektriğin belirli ortamlarda fazla veya eksik ölçülerde yer alabilen bir tür sıvı olduğu görüşüne vardı. Elektriğin fazla olarak yer aldığı veya eksik olarak yer aldığı iki cismin birbirlerini ittiği, cisimlerden birinde fazlalık diğerinde eksiklik olması durumunda da birbirlerini çektiği görüşünü öne sürdü. Fazlalığı artı elektrik, eksikliği ise eksi elektrik olarak adlandıran Franklin elektrik akışının her zaman dengeleyici bir biçimde fazladan eksikliğe doğru yer alacağını ortaya attı.



Şekil 4. Coulomb'un burulmalı tartısı.

İçinde durağan elektrikle çalışan bir motoru da içeren çok sayıda deneysel çalışma yapan Benjamin Franklin, zamanının en saygıdeğer bilim adamları arasında yer almıştır.

COULOMB VE ELEKTRİKTE NEWTON MEKANIĞI

18. yüzyılda herhangi bir dalın bilimsellik kazanabilmesi için Newton mekaniğinden pasaport alması gerekmektedir. İşte Fransız fizikçisi *Charles Augustin de Coulomb* (1736-1802) elektriğin, bu pasaportu alabilmesine ve niceliklerin ölçülebildiği ve üzerinde matematiksel işlemlerin uygulanabildiği bir dal oluşturabilmesine önemli katkılarda bulunmuştur.

Coulomb 1777 yılında denizcilikte kullanılacak üstün bir pusula yapmak amacına yönelik çalışmalarının ürünü olarak burulmalı tartı (*torsion balance*) adlı hassas bir ölçü aygıtı geliştirdi. Benzeri bir aygıt daha önce İngiliz jeologu *John Michell* (1724-1793) tarafından yerçekimi değişmezini (g) ölçmek amacı ile yapılmıştı. Michell'in bu buluşundan haberdar olmayan Coulomb geliştirdiği burulmalı tartı nedeni ile 1781 yılında Fransız Bilim Akademisi'ne seçildi.

Burulmalı tartı ile yüklü iki metal kürenin veya iki mıknatis kutbunun arasındaki itme veya çekme kuvveti hassas bir biçimde ölçülebiliyordu. Coulomb 1785 yılında

burulmalı tartıyı kullanarak iki yük arasındaki itme veya çekme kuvvetinin yüklerin çarpımı ile doğru, aradaki uzaklığın karesi ile "ters orantılı olduğunu deneysel olarak göstermeyi başardı. Daha önce, 1760 yılında, magnetik kutuplar için Johann Tobias Mayer tarafından kanıtlanmış olan bu yasayı Coulomb'dan önce, çok içe dönük ve garip bir kişiliği olan İngiliz bilim adamı *Henry Cavendish* (1731-1810) Michell'in tartısını kullanarak bulmuştu. Yaşamı süresince bulgularını yayınlamayı önemsemeyen Cavendish'in bu sonuçlar ancak ölümünden yarım yüzyıl sonra Maxwell tarafından yayımlanmıştır. Bu nedenle bu önemli buluş bugün Coulomb yasası olarak bilinmektedir.

Coulomb yasası, Newton'un yerçekimi yasasının elektriksel kardeşidir. Yerçekimi yasasına ek olarak elektrikte iki yük arasında itme kuvveti de yer alabilmektedir. Coulomb yasasının, elektriğin bir bilim dalı oluşturmasında ki katkısı onu 18. yüzyılın en önemli buluşu olarak nitelermemiz için yeter bir nedendir.

18. YÜZYILDA ELEKTRİK

18. yüzyılda durağan elektrik konusunda önemli bir bilgi birikimi sağlanmıştı. Çoğunluğunu von G.uericke'nin makinası ve Leyden şişesi gibi ilginç oyuncaklar ile yapılan gözlemlerin oluşturduğu bu bilgilerin Franklin'in paratoneri dışında herhangi bir teknolojik uygulaması olmamıştır.

18. yüzyılda oluşan elektrik kültürü hakkında genel bir fikir sahibi olmak için 1768-1771 yılları arasında İskoçyalı Centilmenler Derneği tarafından yayımlanan *Encyclopedia Britannica*'nın ilk baskısında elektrik konusuna göz atmak yeter. Şöyle diyor:

"Elektrik, genellikle, şimdiye dek tanımış olduğumuz sıvılardan çok farklı, oldukça ince bir sıvının etkilerini belirlemek üzere kullanılan bir sözcüktür. Bu sıvı hemen her cisim ile birleşebilmekte olup bazı özel cisimlerle daha da hızlı bir biçimde birleşebilmektedir. Hayret edilecek bir hızda kendine özgü birtakım yasalara göre hareket eden bu sıvı çok çeşitli olaylara neden olmaktadır. Bu yazıda bu olayların belli başlıları sıralanacaktır.

Elektriksel sıvının özüne ilişkin bilgisizliğimizden dolayı, başta hafif cisimleri itebilme ve çekebilme gibi temel özelliklerini sıralamanın dışında bir tanım verilebilmesi olanaklı değildir..."

18. yüzyılın tersine 19. yüzyıl, elektrik ve magnetizmanın karşılıklı ilişkilerinin açığa kavuşarak elektromagnetik kuramın doğduğu ve çok önemli teknolojik gelişmelerin yer aldığı bir çağdır. Ancak bu gelişmelerin teme-

inde 18. yil/yilın sonu ile 19. yüzyılın başlangıcı arasında yer alan önemli bir başka buluş yatmaktadır. Bu buluş kimyasal enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştürecek sürekli bir akım elde edilebilmesini gerçekleştiren pildir.

GALVANI, VOLTA VE PİL.

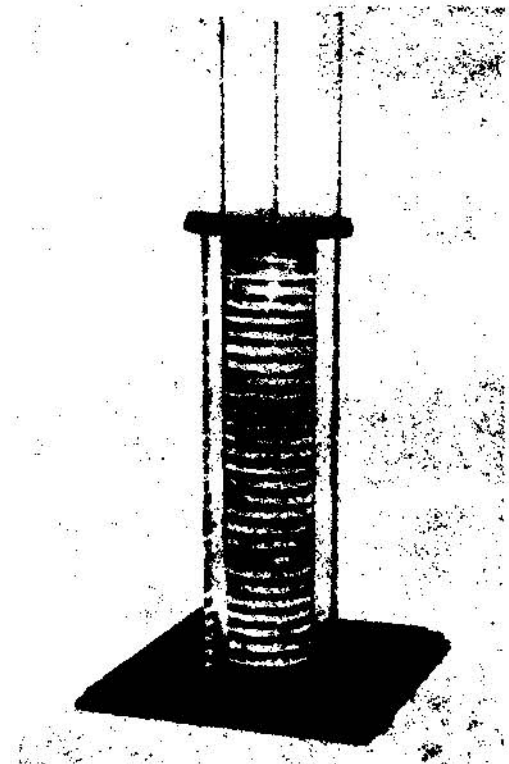
Pilin öyküsü ilginç bir rastlantının doğurduğu olaylarla başlar. Bu rastlantının kahramanı bir anatomist olan Bolonya Üniversitesi profesörlerinden *Luigi Galvani* (1737-1798)'dir.

1780 yılında Galvani laboratuvarında bir kurbağayı kesip biçerken laboratuvarın içinde başka bir amaç için kullanılmakta olan bir elektrik makinasından çıkan kıvılcımla beraber ölü kurbağanın bacağının büzüldüğünü gördü. Galvani olay sırasında kullandığı bıçağın ucunun kurbağanın sinir merkezine değmekte olduğunu da gözlemişti.

Bu gözlem Luigi Galvani'nin ilgisini çekti ve olayı yorumlayabilmek amacı ile çeşitli deneyler yaptı. Demir bir ray üzerine geçirilmiş çengellere astığı kurbağaların elektrikli havalarda, aynen laboratuvarında olduğu gibi, bacaklarının büzüldüğünü gözledi. Daha sonra bu büzülme olayının elektrik makinası ve atmosfer elektriğinden bağımsız olarak kurbağa bacağının demir raya değiştirilmesi ile de yer alabildiğini gözleyen Galvani bu gözlemlerinden hayvansal elektrik diye adlandırdığı yeni bir tür elektrik bulduğu sonucuna vardı.

Galvani'nin deneysel gözlemleri kısa bir süre içinde Avrupa'da ki ilgili çevrelere yayıldı ve çeşitli kuruluşlarda konu ile ilgili çalışmalar başladı, İtalya'daki Pavia Üniversitesi profesörlerinden **Alessandro Volta** (1745-1827), olayı Galvani'den farklı bir biçimde yorumluyordu. Volta'ya göre oluşan elektriğin kaynağı hayvan - yani kurbağadeğil, ona değiştirilen metal parçalarıydı.

Galvani ile Volta arasındaki bu görüş ayrılığı kısa süre sonra kâpışmaların yer aldığı bir bilimsel çatışma niteliğini aldı. Örneğin Alman doğabilimcisi von Humboldt bu kâpışmada Galvani'ci, Fransız bilim adamı Coulomb ise Volta'cı olarak yer almaktaydı. İki görüşün de geçerli yönleri olduğu bu tartışma, Volta'nın 1800 yılında ünlü İngiliz bilim kuruluşu **Royal Society**'ye yazdığı yazıda, iki metal plaka arasında nemli bez veya tuz karışımı sıvı koyarak elektrik akımı elde etmiş olduğunu bildirmesi üzerine Volta'nın lehine bir biçimde son buldu. Bu çatışmadan büyük ölçüde yıpranan Galvani sonucu göremeden ve mutsuz olarak öldü. Yine de Galvani'nin adı bugün elektrikte galvanometre, metallurjide galvanize demir gibi sürekli elektrik akımı ile ilişkili yerlerde kullanılarak onurlandırılmıştır.



Şekil 5. Volta pili 1799

Volta daha sonra buluşunu birbirlerinden tuz karışımında nemlendirilmiş kartonlar ile ayrılmış ince bakır ve çinko levhaları üstüste koyarak geliştirdiği pil* ile daha yaygın ve kolaylıkla uygulanabilecek bir aşamaya getirdi. Volta pili kısa bir süre içinde, özellikle kimya dalında, önemli gelişmelere yol açtı. İngiliz bilim adamı **Humphry Davy** (1778-1829) 1807 yılında özel olarak imal edilmiş güçlü bir Volta pilini kullanarak geçirdiği elektrik akımı ile erimiş külden potasyum olarak adlandırdığı elemanı elde etti ve bir hafta sonra da sodyum elemanını sodadan ayırmayı başardı. Böylece elektrokimya dalında büyük adımların atılabilmesi sürekli elektrik akımı üretebilen bir kaynağın varlığı ile gerçekleşmeye başlamış oldu.

MAGNETİZMAYA DÖNÜŞ: OERSTED'İN DENEYLERİ

Sürekli elektrik akımı üretebilen bir kaynağın geliştirilmiş olması yüzyıllar boyu elektrik tarihinin en temel sorununu, elektrik ile magnetizma arasındaki ilişkinin ya-

* İngilizce'de "pile" sözcüğünün Türkçe karşılığı "yığın", veya "küme" olarak verilmektedir. "Pile" sözcüğü İngilizce'de kartonlarla ayrılmış çinko ve bakır levhaların oluşturduğu "yığın" yani Volta'nın geliştirdiği pil (Voltaic Pile) için kullanılmaktadır. Bu nedenle pil sözcüğünün gerçek Türkçe karşılığı "yığın" veya "küme" olmak gerekir.

nıtlanabilmesi için son engelin de ortadan kalkmasına neden oldu. Attık bu konuda çakması gereken ilk kıvılcım, bilim tarihinde sık karşılaşılan o beklenen "rastlantı" bir â\-\ mesclesiydi. Bu rastlantının piyangosu Kopenhag Üniversitesinde doğa felsefesi profesörü olan *Hans Christian Oersted* (1775-1851)'e vurdu.

Oersted, 1819 yılında, öğrencilerine elektrik akımından ısı elde edilmesini göstermek amacı ile Volta pili kullanarak hazırladığı deneyi uygularken önemli bir olay dikkatini çekti. Kullandığı elektrik devresinin açılma ve kapanma anlarında yakındaki bir mıknatıslı pusulanın iğnesi sapmaktaydı. Aynı olayı daha güçlü piller kullanarak gözlediği zaman pusuladaki sapmanın, pusula ile telin oluşturduğu düzleme dik olduğunu gördü. Oersted konu ile ilgili daha birçok deney yaparak, bir mıknatısın yanından geçen ve serbestçe hareket edebilen bir telin içinden akım geçirilmesi ile akımın yönüne göre telin mıknatıs tarafından itildiğini veya çekildiğini gözledi.

Oersted yaptığı deneylerin sonuçlarını 21 Temmuz 1820 yılında Latince olarak yayımladı. Oersted'in buluşlarının o zamanki bilim dünyasındaki yankıları en az von Guericke'nin elektrik makinası veya von Kleist'in Leyden şişesi kadar etkili oldu. Oersted deneyleri tüm bilim adamlarınca tekrarlanmaya başlandı ve kısa bir süre içinde yer alan gelişmeler buluşun sahibini aştı. Tarihsel görevini yapmış olan Oersted'in bundan sonraki gelişmelerde herhangi bir rolü olmadı.

Oersted'in deneyleri, başta Coulomb olmak üzere birçok bilim adamının elektrik ile magnetizma arasında bir ilişki olmadığı görüşünü benimseyen tezlerini bir daha gündeme gelmemek üzere çürütmeye yetmişti.

AMPERE VE OHM

Oersted'in buluşlarını yayınlamasından bir hafta sonra Fransız matematikçisi ve fizikçisi *Andre Marie Ampere* (1775-1836) mıknatıslı pusulanın sapma yönünün sağ el vida kuralına göre belirleneceğini gösterdi. Bu kurala göre sağ elin başparmağı telin içinden geçen akımın yönünü, diğer parmaklar ise mıknatısın kuzey kutbu üzerine uygulanan kuvvetin yönünü göstermekteydi. Kuralın uygulanabilmesi için kuşkusuz akım yönünün tanımlanması da gerekmektedir. Ampere, daha önce Franklin'in elektriksel sıvının fazlalık yarattığı yerden - ki bu da artı kutup olarak tanımlanmıştı- eksiklik olan yere, yani eksi kutba doğru aktığı görüşünü benimseyerek bugüne dek süregelen ve gerçek elektron akışına ters olan "akımın artıdan eksiye akması" geleneğini kurmuş oldu.

Kendi deyimi ile elektrodinamiğin kurucusu olan Amper'in elektrik tarihine geçen en önemli bulgusu içinden

akım geçen iki paralel telin birbirlerini, aynen iki magnetik kutup gibi, itmesi veya çekmesidir. Bunun yanısıra kapalı bir devre içinde akan akımın oluşturduğu magnetik alanı inceleyen Ampere, helis biçiminde sarılmış bir telin (*sarmal bobin*) bir mıknatısın gösterdiği özelliklere sahip olduğunu gösterdi. Aynı zamanlarda, Ampere'den bağımsız olarak, Fransız fizikçisi *Dominique François Arago* (1786 - 1853) tarafından da ortaya atılmış olan bu buluş sonraları Sturgeon ve Henry gibi deneycilerin katkısı ile geliştirilerek dinamo ve telgraf gibi önemli teknolojik uygulamalara yol açmıştır.

Elektrik tarihinde adı en çok geçen kişilerden biri *Georg Simon Ohm* (1787-1854)'dur. Ohm iletkenlerden geçen elektrik akımına ilişkin çalışmalarına 1825 yılında başladı ve sonuçlarını 1827 yılında yayımladı. Fransız bilim adamı Fourier'in ısı akışı üzerine yaptığı çalışmalardan esinlenen Ohm, bir tele uygulanan gerilimin telden geçen akıma olan oranının değişmez olduğunu bulmuştu. Bugün Ohm yasası olarak bilinen ve de evrensel yazılımı $V = IR$ olan bu yasayı Ohm yayımladığında pek çok kimse birşey anlamamıştı. Bilim dünyasından fazla bir ilgi görmeyen Ohm istediği üniversite profesörlüğünü elde edemediği gibi lise hocalığından da olmuştu. Özlemini çektiği anlayış ve ünü Almanya dışına çıkıttıktan sonra fazlası ile elde eden Ohm yaşamının ancak son beş yılını Münih Üniversitesinde profesörlüğe atanarak huzur içinde geçirebildi. Ünlü yasası dışında Ohm'un elektrığe başka önemli bir katkısı olmamıştır.

T9. YÜZYILIN İKİ BÜYÜK BİLİM ADAMI: FARADAY VE MAXWELL

19. yüzyıl özellikle elektrik dalında büyük katkılarda bulunmuş iki büyük bilim adamı yetiştirmiştir. Bunlar, tam anlamı ile deneyci bir bilim adamı olan *Michael Faraday* (1791-1876) ile elektromagnetik kuramının kurucusu *James Clerk Maxwell* (1821-1879)'dir.

On çocuklu bir demirci ailesinden gelen Faraday, okuma yazma öğrenmenin ötesine geçmeyen bir eğitimden sonra bir ciltçinin yanında çırak olarak çalışmaya başladı. Çalıştığı işte kitaplarla haşır neşir olabileme fırsatını bulan Faraday elektrik ve kimya konularındaki bilgisini çıraklık yaptığı süre içinde okuduğu kitaplardan edindi. 1812 yılında dükkana gelen bir müşterinin verdiği davetiye ile, o zaman önemli bir üne sahip olan Humphry Davy'nin konferanslarını izleme fırsatını buldu. Bu konferanslarda tuttuğu notları ciltleyip Davy'ya yollayınca, Davy bundan çok etkilendi ve Faraday'ı yanına asistan olarak aldı. Bir süre sonra Davy ile beraber Avrupa turuna çıkıp Volta, Ampere, Arago, Gay-Lussac, Biot, Humboldt gibi o zamanın ünlü bilim adamlarını tanıyabilmek fırsatını buldu.



Sekil 6. Michael Faraday (1791-1867)

Avrupa yolculuğu sırasında Faraday'ı en çok huzursuz eden olay Davy'nin karısının kendisine aşağılayıcı bir biçimde uşak muamelesi etmesi olmuştu. Yavaş yavaş Faraday'ın Davy'den daha yetenekli yönlerinin ortaya çıkması da Davy'yi huzursuz etmekteydi. Davy'nin kıskançlığı iki adamın aralarını açtı ve bir süre sonra Faraday ayrılarak bağımsız çalışmaya başladı. Ayrılıştan sonra Davy her fırsatta Faraday'a karşı insafsız kıskançlık saldırılarını sürdürmekten kendini alamamıştır.

1820 yılında, daha Faraday Davy ile beraber çalışırken, Oersted'in yayımladığı sonuçları Davy laboratuvarına getirmişti. O sıralarda paslanmaz çelik ve kimya üzerinde çeşitli araştırmalar yapan Faraday Oersted'in sonuçlarına karşı büyük ilgi duydu ve bu konuda çalışmalara başlayarak ilk buluşunu 1821 yılında yaptı. İçinden akım geçen bir telin magnetik kutup etrafında döndüğünü ve de tersine mıknatıslanmış bir iğnenin, içinden akım geçen bir telin etrafında döndüğünü gösterdi. 1821 yılında karısına bir Noel sürprizi olarak içinden akım geçen bir telin dünyanın magnetik alanı etkisi ile döndüğünü gösteren deneyi hazırladı.

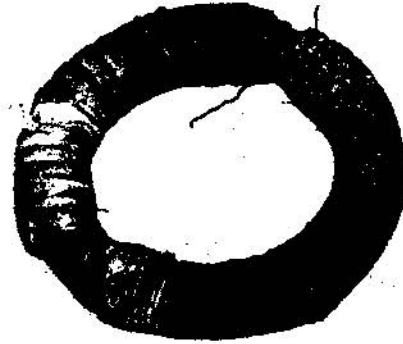
Faraday 1822 yılında defterine şu sözleri yazmıştı: "Magnetizmayı elektriğe dönüştür" * Gerçekten de Oersted'ten beri elektrik akımının magnetik bir alan oluşturduğu biliniyor ancak bunun tersi, yani magnetik alandan nasıl elektrik elde edileceği bilinmiyordu.

1824 yılında Fransız fizikçisi Arago ilginç bir gözlemler bulunmuştu. Bakır bir yuva içine oturtulmuş hassas bir

* Faraday, yaşamı boyunca tüm çalışmalarını gayet düzenli bir biçimde defterine not ederdi, öldükten sonra bu notlar 7 cilt olarak yayımlanmıştır.

mıknatıslı pusula yuvasından çıkartılınca uzun bir süre titreşimlere giriyordu. Oysa aynı pusula bakır yuvası içindeyken gözlenen titreşimlerin süresi ve genişliği daha düşüktü. Arago bu gözlemden kalkarak mıknatıslı bir iğnenin altına bir bakır disk yerleştirdi ve diskin döndürülmesi ile iğnenin de döndüğünü gördü. Faraday ve birçok bilim adamı bu olaylardan haberdar olmakla birlikte bir açıklamasını veremiyorlardı.

1831 yılında Faraday magnetizmadan elektrik elde etmek amacı ile çalışmalarına başladı. İlk deney düzeneği tahta bir makara üzerine sarılmış ve birbirlerinden patiska ile yalıtılmış 12 ayrı tel sargıdan oluşuyordu. Çift sayılı ve tek sayılı sargıları kendi aralarında birbirlerine seri olarak bağlayarak bu devrelerden birini doğru akım bataryasına öbürünü de akımı ölçebilmek için galvanometreye bağladı. Ancak bataryalı devreden geçen akımın öbür devredeki galvanometreyi saptırmadığını gördü. Yüz gözden oluşan daha güçlü bir batarya ile aynı deneyi tekrarladığında devrenin açılıp kapanma anlarında galvanometrede zayıf da olsa geçici bir sapma gözledi.



Şekil 7. Faraday'ın 29 Ağustos 1831 yılında yaptığı deneyde kullandığı demir halka

Faraday'ın bundan sonra yaptığı deney magnetizmadan elektriğin elde edilebileceğini kesin bir biçimde kanıtlayan ünlü tarihsel deney olarak bilinir. Yaklaşık 2 cm kalınlığındaki bir yumuşak demir çubuktan yapılmış 15 cm çapındaki bir halkanın kullanıldığı deneyde birbirlerine ve bataryaya seri olarak bağlanmış üç sargı ile; iki ucu galvanometreye bağlanmış 1,25 mm çapında 20 metre uzunluğundaki bakır telden oluşan diğer bir sargı yer almaktaydı. Faraday bataryalı devrenin açılma ve kapanma anlarında galvanometrede birbirine ters yönlerde büyük sapmalar gözledi. Hemen bunu izleyen deneyde ise Faraday bataryalı devre yerine güçlü bir mıknatıs kullandı. Demir çubuğa sarılmış bir telden, mıknatısın çubuğa yaklaştırılıp uzaklaştırılması ile akım geçebildiğini gören Faraday, yüzyıllardır açıklanamamış olan magnetizma-elektrik ilişkisini böylece açığa çıkarmış oluyordu.

Faraday artık o zamana kadar açıklanamamış olan Arago deneyinin sonuçlarını da açıklayabilmekteydi. Bu deney-

de mıknatıslı göstergenin oluşturduğu magnetik alan bakır diskte bir elektrik akımı indükliyor ve indüklenen akım da ters yönde bir magnetik alan oluşturarak göstergenin titreşimlerini söndürüyordu.

Faraday'ın bir başka ilginç deneyi sürekli bir akımın elde edilebildiği bir elektrik generatörüydü. Bir mıknatısın kutupları arasında döndürülen bakır bir diskin eksenini ile çeperi arasından kayan kontaklar aracılığı ile sürekli akım elde edilebileceğini göstermişti.

Faraday yukarıda sözü edilen deneylerin yamsıra daha birçok deneyi 1831 yılının Ekim ve Kasım ayları içinde tamamlamıştı. Vardığı sonuçları 24 Kasım 1831'de Royal Society'nin bir toplantısında "Elektrikte Deneysel Araştırmalar" başlığı altında sundu. İlginç bir rastlantı olarak, bugün Faraday yasası olarak bilinen ve

$$e = \frac{d\phi}{dt}, \quad (\rho = \text{magnetik akı, } e = \text{indüklenen gerilim})$$

olarak gösterilen endüksiyon ilkesini Amerikalı bilim adamı Joseph Henry, Faraday'dan bir yıl kadar önce bulmuştu. Ancak Faraday'ın tersine yaptığı çalışmaları düzenli bir biçimde yazma alışkanlığına sahip olmayan ve Albany Akademisindeki ağır öğretim yükü nedeni ile bilimsel çalışmalarını genellikle tatil ayı olan Ağustos ayına sıkıştıran Henry'nin, Faraday'ın "Elektrikte Deneysel Araştırmalar" adlı yazısında sunduğu sonuçları öğrenince içinin burkulduğunu tahmin etmek zor olmasa gerek.

Faraday elektriğin yansıra kimya dalına da önemli katkılarda bulunmuş bir bilim adamıdır. Elektrokimyanın babası olarak tanınan Faraday bugün elektroliz yasaları diye bilinen yasaların bulucusudur. Ayrıca elektroliz, elektrot, anot, katot gibi sözcükleri ilk ortaya atan da Faraday olmuştur.

Dindar bir kişi olan ve son derece mütevazı bir yaşam içinde mutlu bir evliliği ömrü boyunca sürdüren Faraday'ın dindarlığından gelen, ilkelerine sadık bir kişiliği vardı. 1850 yıllarında, İngiltere, Rusya ile Kırım'da harp halinde iken, İngiliz hükümeti harpte kullanılabilecek bir zehirli gaz geliştirmesi için Faraday'a başvurmuştu. Faraday'ın yanıtı kesindi. Böyle bir gazın geliştirilmesi mümkün olmakla beraber kendisinin bu tür bir araştırmada yer alması kesinlikle sözkonusu olamazdı.

Dindarlığı ve mutlu bir evlilik sürdürmesi yönünden Faraday'a benzeyen İskoçyalı matematikçi ve fizikçi James Clerk Maxwell tanınmış bir ailenin tek çocuğuydu.

Maxwell'in bilim dünyasına en büyük armağanı, geçmişteki deneysel buluşları özümleyen, geleceğin deneysel bulgularına da ışık tutan ünlü elektromagnetik kuramı-

dır. Maxwell, Faraday'ın imgelemiş olduğu magnetik alan ve kuvvet çizgilerinden kalkarak tüm elektrik ve magnetik olayları ve aralarındaki ilişkileri tek ve gerçekten sağlam bir matematiksel temele oturtan elektromagnetik kuramını 1864-1873 yılları arasında tamamlamıştır.

Elektrik ve magnetik olayların iç içe varolma özelliğini ve bu özelliğin uyduğu yasaları son derece basit görünen birkaç denklem ile özümleyen Maxwell ışığın da bir elektromagnetik dalga olarak yorumlanması gerektiğini ortaya atmıştır. Titreşmekte olan bir elektrik yükünün dışı doğru değişmez bir hızda yayılan bir elektromagnetik alan oluşturacağını gösteren Maxwell dalganın yayılma hızını elektrik ve magnetik birimler arasındaki bağıntıdan sanayide yaklaşık olarak 300.000 km olarak hesapladı. Maxwell bu hızın ışığın hızına eşit olmasının bir rastlantı olamayacağını düşünerek, ışığın da bir elektromagnetik dalga olduğu görüşünü benimsedi. Maxwell'in zamanında gözle görünen ışığı üretecek hızda titreşen elektrik yükü elde etmek olanağı yoktu. Bu nedenle bu görüşün deneysel olarak doğrulanabilmesi ancak 19. yüzyılın sonuna doğru gerçekleşmiştir.

Maxwell'in sezgileri bazı yönlerden, geliştirdiği elektromagnetik kuramın gerisinde kalmıştır. Örneğin elektromagnetik dalgaların boşluktaki - Einstein'a dek fizikte çok kullanılan bir kavram olan - eter aracılığıyla yayıldığı ve alan ve kuvvet çizgilerinin eterin değişik biçimler almasından başka birşey olmadığı görüşünü savunmaktaydı. Böylece birbirinden uzak iki cismin birbirlerini itip çekmesi, "uzaktan etkileme" yerine eter aracılığı ile "değerek etkileme" ilkesine indirgenmiş oluyordu. Elektriğin parçacıklardan oluştuğu -ki Faraday'ın elektroliz yasaları bu görüşü destekler nitelikteydi — görüşünü de kabul etmeyen Maxwell'in elektromagnetik kuramı bu sezgilerinden arınmıştı. Öylesine arınmıştı ki 20.yüzyılın başında Albert Einstein klasik fiziğin - veya Newton fiziğinin - tüm ilkelerini alt üst eden yepyeni bir kuram ortaya attığı zaman Maxwell'in denklemleri geçerliliğinden en ufak birşey kaybetmemiştir.

19. yüzyılda elektromagnetik dalında Oersted ile başlayan bilimsel gelişmeler Maxwell ile doruğuna erişmiştir. Bundan sonra yer alan gelişmeler Röntgen ışınlarının bulunması ile başlayan ve atom fiziği ve elektronik dallarında büyük aşamalara yol açan gelişmelerdir.

ELEKTRİK VE MAGNETİK NİCELİKLERİN BİRİMLERİ

Elektriğin bir bilim dalı olmasında Coulomb yasasının önemine daha önce değinmiştik. 19. yüzyılın ilk yarısına dek elektrik ve magnetizma konularında ortaya konmuş olan yasaları çizelge 1 'de özetledik.

Elektriksel Yasa	Bulucusu	Yılı	Magociik Yasa	Bulucusu	Yılı
$f = kqq'/r^2$	Coulomb	1785	$f = kmm'/r^2$	Coulomb	1785
$H = 2i/r$	Biot ve Savart	1820	$M = 4 s ni/c$	-	-
$f = im.ds/r^2$	Ampère	1822	$H = 2 r ni/r$	-	-
$q = it$	-	-	$H = f/m$	-	-
$I = V/R$	Ohm	1827	$\phi = BA$	-	-
$V = -d \phi/dt$	Faraday	1831	$\mu = B/H$	-	-
$W = i^2 Rt$	Joule	1843	-	-	-

Çizelge 1

19. yüzyılın ilk yarısına dek bulunmuş olan belli başlı elektrik ve magnetik yasalar

Elektrik ve magnetizmanın matematiksel bir bilim dalı olabilmesi için fiziksel niceliklerin birimlerinin tanımlanması gerekiyordu. Bu konuyu ilk kez ciddi bir biçimde ele alan kişiler ünlü matematikçi *Kari Friedrich Gauss* (1777-1855) ve *Wilhelm Weber* (1804-1891) olmuştur.

Gauss 1832 yılında milimetre, miligram ve saniye birimlerinden kalkarak bir magnetik birim sistemi geliştirdi. 1839 yılında Gauss bir noktadaki elektrik potansiyelini "birim yükün sonsuzdan o noktaya getirilebilmesi için yapılması gereken iş" olarak tanımladı. 1840'tan sonra Weber, Gauss'un başlamış olduğu işi, elektriksel birimleri de tanımlayarak, tamamlamış oldu.

Bundan sonra çeşitli zamanlarda toplanan uluslararası kongrelerde hangi birim sisteminin en yararlı olduğu konusu uzun uzun tartışılmıştır. Birçok nedenden dolayı arap saçına dönmüş olan bu konunun tarihini ve de bugününü önemli bir ilke yeniliği getirilmemiş olması nedeni ile daha fazla tartışmaya gerek görmedik.

TEKNOLOJİK GELİŞMELER

19. yüzyıl dünyâ kapitalizminin gelişmesi, İngiltere İmparatorluğunun emperyalist genişleme politikasına ortam sağlayacak somut koşullardan kaynaklanan ancak evrensel bir geçerlilik iddiası ile ortaya atılan "laissez faire" (*birakınız yapsınlar*) sloganında özümmlenebilir. Birreylerin kendi çıkarlarını eniyileme çabalarının toplum çıkarlarını da eniyileyeceğini varsayan bu liberal kapitalist dünya görüşü 19. yüzyıldaki teknolojik gelişmeye de damgasını vurmuştur.

19. yüzyılın başında elektrik bataryasının bulunması ve bunu izleyen elktromagnetik dalındaki bilimsel gelişmeler önemli teknolojik atılımlara olanak sağlamıştır. Bu teknolojik gelişmeler elektriğin aydınlatma, ısı ve mekanik enerjiye dönüştürülmesi yanısıra telgraf, telefon ve gi-

derek telsiz telgraf gibi haberleşme alanlarındaki uygulamalar olarak özetlenebilir.

Önemli bir bilimsel ve teknolojik geleneği olmayan elektriğin yepyeni teknolojilere olanak sağlaması bu dönemde "mucit" dediğimiz bilim adamı-ış adamı arası yeni bir tür kişinin doğmasına yol açmıştır. Liberal kapitalizmin etkin olduğu batılı ülkelerde türeyen bu kişiler inatçılık, meraklılık ve zengin olma tutkusu özellikleri ile teknolojik gelişmenin önemli itici güçlerinden birini oluşturmuştur. İşlevleri yönünden bugünün elektrik mühendislerinin ataları sayılabilecek bu mucitlerin birçoğu formel olarak elektrik bir yana, herhangi bir doğa bilimi dalının eğitiminden bile geçmemiştir. Örneğin telefonun muciti olarak bilinen Alexandre Graham Bell sağırlara göreerek duymasını öğreten bir öğretmen, telgrafın muciti olarak bilinen Samuel Morse ise güzel sanatlar eğitimi görmüş bir ressamdı.

Mucitlerin en büyük sorunu herhangi yeni bir buluştan sonra zaman kaybetmeden bu buluşun patentini alabilmek ve bu buluşu büyük çapta teknolojik-ticari uygulamaya geçirebilmek için sermayedar ortaklar bulabilmektir. Bu olgu mucitler çağı tarihinin önemli bir bölümünün patent mücadeleleri ile geçmiş olmasından açıkça görülmektedir.

Teknolojik gelişmelerin belli bir olgunluk aşamasına gelmesi ve daha da önemlisi ekonomide tekelleşmenin belirginleşmesi ile mucitler yavaş yavaş bu tekeller içinde görev alan mühendislere dönüşmüşlerdir.

ELEKTROMEKANİK SANAYİNDE İLK ATILIMLAR

1831 yılında Michael Faraday ünlü yasa ile magnetizmadan elektrik elde edebileceğini göstermekle kalma-

miş elektrik üretebilen küçük bir generatör de yapmıştı. Ancak Faraday gerçekçi bir insandı ve bu nedenle daha büyük teknolojik atımlara girişecek mucitsel özellikleri olmadığını çok iyi tartmaktaydı. Faraday bilimsel ilkelere ortaya koymuştu ve bunu izleyecek teknoloji başkalarının işiydi.

1832 yılında Parisli bir imalatçı Hippolyte Pixii, dönen bir mıknatıs ve U biçiminde bir demire sarılmış telden oluşan bir elektrikli dinamo yaptı. Bu dinamo ile alması akım üretilebileceği gibi -ki o tarihte alması akımın fazla bir önemi ve uygulaması yoktu- komütatörler ile doğru akım da üretiliyordu. Aynı yıl içinde benzeri bir elektrikli dinamo, Pixii'den bağımsız olarak, Dal Negro adlı bir İtalyan tarafından da yapılmıştı.

Pixii'nin dinamosundan sonra ilk önemli aşama 1850 yılında, Brüksel kentindeki askeri okulun profesörlerinden biri olan Nollet'in yaptığı dinamodur. Nollet'in makinası sabit bir stator üzerine yerleştirilmiş ve eşit aralıklarla sıralanmış 32 tane mıknatıs ile üzerinde bir o kadar sargı devresi olan döner bir rotordan oluşmaktaydı. Mıknatıs kutupları biri kuzey biri güney olacak biçimde yerleştirilmiş ve rotodaki sargıların bağlantıları herbirinde endüklenen gerilimin birbirlerine eklenebileceği biçimde yapılmıştı. Dakikada 400 devir hızla döndürüldüğünde üretilen elektriğin sıklığı 53 1/3 hertz'di. Üretilen gerilimin -ki o zamanlar endüklenen gerilim tam bir tanıma kavuşturulamamıştı- 50 volt dolaylarında olduğu sınımlanmaktadır.

Nollet'in makinası elektrik tarihinde ilk kez bir elektrik imalat firmasının kurulmasına yol açmıştır. 1853 yılında Nollet tasarımına göre dinamo imal etmek üzere Paris'te kurulan bu firmanın adı Alyans Şirketi (*Alliance Company*)'ydü. İmalat amacı sudan, hidrojen ve oksijen elde etmek olan ve bu nedenle komütatörlerle doğru akım elde edilmesi sağlanan Alyans dinamoları ticari başarısızlık nedeni ile bu amaç için kullanılmadı. 1858 yılından sonra bu dinamolar İngiltere'de deniz fenerlerinde ki kömür uçlu ark lambalarının enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. 5 beygir gücünde bir buhar makinası ile sürülen bir dinamo 1100 mumluk bir ark lambasını yakmaktaydı. Deniz fenerlerinde yer alan bu uygulama ile elektrik ilk kez aydınlatma amacı için kullanılmış oluyordu.

Franklin, Barlow ve Faraday gibi bilim adamlarının yaptığı küçük ve fazla bir pratik değeri olmayan elektrik motorlarının dışında ilk pratik uygulamaya yönelenlerden biri Davenport adında Amerikalı bir demirci ustasıdır. Bu kişi 1834 yılında demiryolunda kullanılabilecek elektrikli motorla çalışan bir araç geliştirmişti. Aynı kişi 1840 yılında geliştirdiği bir elektrik motorunu matbaa makinasında kullandı. Aslında bu yıllar içinde birçok meraklının deniz motoru, elektrikli araba vb. gibi çeşitli

alanlarda fantezi sayılabilecek uygulamalara yöneldiği bilinmektedir. Bu uygulamaların daha büyük boyutlara erişebilmesindeki başlıca engel ise ucuz elektrik enerjisi kaynağı sorunuydu.

1873 yılındaki Viyana Sanayi Sergisinde ilginç bir rastlantı yer aldı. Belçikalı mucit Zenobe Gramme'in yapmış olduğu elektrik dinamolarının sergilendiği sırada, dikkatsiz bir görevlinin, bir dinamonun çıkışını başka bir dinamoya bağlaması üzerine ikinci dinamo dönmeye başladı. Böylece olayı izleyenler bir generatörün motor gibi de çalışabileceğine gözleri ile tanık olmuş oldular. O zamanlar için hayret verici olarak nitelendirilen bu olay kısa bir süre sonra günün teknik dergileri aracılığı ile dünyaya duyuruldu ve büyük bir ilgi yarattı. Bu olay elektrik motorları teknolojisinin gelişmesini engelleyen ucuz kaynak sorununu da çözmüş oluyordu ve beş on yıl içinde elektrik motorları küçük ve bağımsız, mekanik enerji gerektiren, demiryolları, asansörler, madencilik, makina tezgâhları, matbaacılık vb. gibi alanlarda yaygın bir biçimde kullanılmaya başlandı.

AYDINLATMADA ELEKTRİK

Daha 17. yüzyılın sonlarında, içi gazlı cam tüplerin durağan elektrikten elde edilen ark ile çeşitli renklerde parıltılar verdiği bilinmekteydi. 17. yüzyılın bu deneyleri, ileride bulunacak olan katot ışınlı tüplerin ve bir zincirleme rastlantılar sonucu gelişecek olan atom fiziğinin tohumlarını taşımaktaydılar. Aydınlatma teknolojisinin gelişmesinde iki tür lamba; ark lambası ve akkor lamba yer almaktadır.

Ark lambaları, iki elektrot arasından atlayan elektrik arkının yarattığı ışıktan yararlanmaktaydı. İlk uygulaması 1858 yılında İngiltere'de deniz fenerlerinde kullanılması ile gerçekleşen ark lambaları sonraları sokak aydınlatılmasında da kullanılmaya başlandı. Bununla ilgili ilk uygulama 1877 yılında Paris kentinin "Avenue d'Opera" caddesinin ark lambaları ile aydınlatmasıdır. Bu uygulamada, Rus muciti Yabloçkov'un alması akımla çalışan ark lambaları ve bu lambaları besleyen Gramme dinamoları kullanılmaktaydı. Bir süre sonra benzeri sokak ve işyeri aydınlatma dizgeleri Avrupa ve Amerika'nın belli başlı kentlerinde kullanılmaya başlandı.

Ark lambalarının konut aydınlatmasında kullanılması bazı önemli sakıncalar yaratmaktaydı. Aydınlatmayı düşük nitelikli ve sürekli titreşen bir ışıkla sağlayan ark lambalarının aydınlatma gücü belli bir düzeyin altına indirilemiyor, bu düzey de konutlar için gereğinden fazla oluyordu. Kaldı ki birbirlerine seri bağlı olarak kullanılan bu lambalar tehlikeli olabilecek derecede yüksek gerilimlerin kullanılmasını gerektirmekteydi.

Bu boşluğu doldurabilecek ve farklı bir ilkeyle çalışan akkor lambalarında aydınlatma, bir filamandan geçen akımın filamanı kızdırması ile elde edilmekteydi.

19. yüzyılın ilk yarısında İngiltere'de platin filaman kullanan akkor lambalar yapılmıştı. Başlangıçta bataryalar ile beslenen bu tür lambalar yüzyılın ortalarında oldukça gelişmiş olan dinamolarla beslenmeye başlandı. 1860 yılında İngiliz muciti Joseph Swan vakumda çalışan karbon filamanlı bir lamba yaptıysa da istenilen düzeyde bir vakum elde edemediği için sonuç başarılı olmadı. 1865 yılında Sprengel cıva pompasının bulunması ile yüksek vakum elde edebilme olanakları doğdu ve 1878 yılında bu yeni vakum teknolojisinden yararlanan Swan'ın yaptığı karbon filamanlı akkor lamba daha iyi sonuçlar verdi. Yine de akkor lambaların yaygın bir ticari uygulamaya geçebilmesi için iki önemli sorunun çözülmesi gerekiyordu. Bunlardan ilki lambanın ömrünü uzatacak filaman maddesinin saptanması; ikincisi ve daha da önemlisi tüm aydınlatma dizgesini ve lamba imalatını beraberce gerçekleştirebilecek teknik ve ekonomik olanakların sağlanmasıydı. İşte bu sorunların üstesinden gelen kişi daha önce çizdiğimiz mucit tipinin en belirgin örneklerinden biri olan **Thomas Alva Edison** (1847-1931) dur.

Edison sıfırdan başlayıp hiçbir yardım görmeden çalışkanlığı ve aklı ile şöret ve zenginliğin doruğuna ulaşan "laissez faire" çağının örnek insanı olarak gösterilir. Tam bir iş adamı kafasına sahip olan inatçı mucit Edison'un derin olmayan ancak geniş ve daha çok sezgilerle elde edilmiş bir deneyimi ve bilgisi vardı.

1877 ve 1878 yılları arasında ilk ses kayıt aygıtını, o zamanki terimle fonografı, icat etmiş olan Edison 1879 yılında akkor lamba üzerinde çalışmalarına başladı. Filaman maddeşi seçiminde salt deneysel bir yöntem izleyerek çeşitli metaller, karbon lifi, kağıt, tahta, bambu, palmye yaprağı ve daha akla hayale gelmeyecek yüzlerce madde denedi. Nihayet 1879 yılı sonlarında geliştirdiği karbon lif filamanlı akkor lambanın patenti için başvurup bu patenti 1880 yılı Ocak ayında aldı.

Edison daha 1878 yılı sonlarında 300.000 dolar sermayeli Edison Elektrik Aydınlatma Şirketi'ni kurmuştu. Şirketin hissedarları arasında New York kentinin ileri gelen bankacıları ve sermayedarları da yer almaktaydı. Edison 21 Aralık 1879 günlü New York Herald gazetesinde yazdığı bir yazıda tasarımılamayı düşündüğü aydınlatma dizgesini dinamolarından lambalarına dek ayrıntılı bir biçimde açıkladı. Bu yazının yayımlanmasından az sonra Edison Elektrik Aydınlatma Şirketinin hisseleri hızla değer kazanmaya başladı. Buna karşın o zamana dek aydınlatmayı sağlayan gaz şirketinin hisseleri ise değer kaybetmeye başladı.

1880 yılının ortalarında New York'un "Pearl Street" caddesinde ilk üretim ve dağıtım dizgesi Edison'un kurmuş olduğu şirket tarafından tamamlandı. Kısa bir süre içinde doymaya erişen bu dizge kurulduğunda 6 büyük doğru akım dinamosunca beslenen 7200 tane 16'şarlık mumluk akkor lambayı yakabilecek sığadaydı.

Yepyeni bir alan olan aydınlatma ve lamba imalat endüstrisinin oluşturduğu bu pazarın hızla artan talebini karşılayabilmek için kısa bir sürede birçok girişimci türedi. Bunlar arasında en belirginleri Amerika'da Edison'un yanısıra Westinghouse'un, İngiltere'de Swan'ın ve Almanya'da Siemens ve Halske'nin kurdukları şirketlerdir.

Elektrik enerjisi üretim ve dağıtım dizgelerinin bugüne dek genellikle kulanılagelen almaşık akıma geçmesi; transformatör, endüksiyon motoru ve ölçü aygıtlarının gelişmesi ile ve daha da önemlisi dünya bakır fiyatlarının artması ile gerçekleşmiştir. Edison ile Amerikalı mühendis-ış adamı George Westinghouse arasında acımasız bir rekabet konusu olan doğru akım-almaşık akım çatışmasının sonucunda Edison açık bir yenilgiye uğramış ve enerji alanında almaşık akım doğru akımın yerini almıştır.*

ELEKTRİKLİ TELGRAF

Uzaktan haberleşmenin eski Çin uygarlığına dek uzanan köklü bir geçmişi vardır. Elektriğin bu alanda kullanımına ilişkin ilk belirtiler ise 18. yüzyıldaki Stephen G ray'ın elektrik iletimi deneyleri ile doğmuştur. Daha 1746 yılında kaynağını Leyden şişesinin oluşturduğu ve iletilen her simge için ayrı bir telin kullanıldığı elektrikli bir telgraf gerçekleştirilmiştir.

Elektrikli telgrafın yaygın bir uygulama aşamasına erişmesinde kuşkusuz elektromagnetik dalındaki bilimsel gelişmeler ve özellikle Sturgeon, Henry, Page gibi mucit ve bilim adamlarının elektromagnetik (veya endüksiyon bobini) üzerinde yaptıkları çalışmalar en belirgin rolü oynamıştır.

özindükleme olayının bulucusu olarak bilinen ve 1 ton ağırlıktaki cisimleri kaldıracak güçte elektromagnetik yapılabilmiş olan Amerikalı bilim adamı **Joseph Henry** (1797-1878) 1830 yılında 300 metre uzaklıktaki bir elektromagnetik uzaktan denetleyerek telgrafın yapımına yardımcı olacak önemli bir ilkeyi ortaya koymuş oldu.

(* Bu çatışmanın ilginç öyküsü "Elektrik Mühendisliği" dergisinin bu sayısındaki "Lanetli Almaşık Akım" başlıklı yazıda anlatılmaktadır. Yine bu sayıda endüksiyon motorunun babası Nikolai Tesla'nın yaşamı "Garip Bir Deha Tesla" başlıklı yazıda verilmektedir.

Heniy uzaktan denetim ilkesinin daha büyük mesafelerde kayıplar nedeni ile zorluklar çıkaracağını düşünerek belirli aralıklarda konulacak elektromekanik röleler ile bu soruna da çözüm getirilebileceğini göstermişti.

1833 yılında Göttingen kentinde iki bilim adamı Gauss ve Weber 1,5 km. uzaklıkta evden eve bir tür telgraf düzeneği kurmuşlardı. Bu düzenekte alıcı olarak galvanometreler kullanılmaktaydı. Aslında 1830-1840 yılları arasında ufak tefek ticari uygulamaları da içeren bir telgraf teknolojisi gerek Avrupa'da gerekse Amerika'da gelişmekteydi.

Bugün elektrikli telgrafın mucidi olarak adı en çok geçen kişi kuşkusuz *Samuel Morse* (1791-1872)'dur. Morse İngiltere'de güzel sanatlar eğitimi görmüş ve Amerika'ya dönüşünden sonra başarılı bir ressam olarak ün yapmıştı. Nitekim Morse'u 1825 yılında Amerikan Ulusal Desinatörlük Akademisinin kurucuları arasında görüyoruz. 1829 yılında ünlü müzelerde incelemeler yapmak üzere yaptığı Avrupa yolculuğunun dönüşünde gemide tanıştığı Jackson adında yarı deli bir Amerikalı kimyacı, Morse'a Paris'te tanık olduğu bazı elektrik deneylerini anlatmıştı. Eskiden beri elektriğe karşı bir tutkusu olan Morse bu konuşmadan esinlenerek bir elektrikli telgraf tasarlamaya karar verdi.

Morse bu karara vardığında 39 yaşındaydı ve de elektrik konusunda fazla bir bilgisi olduğu söylenemezdi. Mucitlere özgü bir inat ve direnme gücü olan Morse'u yaş ve bilgisizlik gibi sakıncalar durduramadı. Kaldı ki çevresinde isim yapmış bir ressam olmasının sağladığı parasal olanaklar fazla çekici değildi ve yeni atılımı pekala daha parlak parasal olanaklar doğurabilirdi.

Morse, Henry'den bilimsel destek, sonradan iş ortağı olan Alfred Vail'den de parasal destek sağladı ve 1843 yılında tüm olanaklarını seferber ederek Amerikan Kongresinden, Washington-Baltimore kentleri arasında 65 km'lik bir telgraf hattının yapımı için 30.000 dolarlık bir tahsisatı 6 ay farkla koparmayı başardı. Yapımı 1844 yılında tamamlanan bu hatta, Morse'un geliştirdiği ve bugün Morse Alfabesi diye bilinen nokta ve çizgilerden oluşmuş bir kodlama dizgesi kullanılıyordu.

Morse 1838 yılında geliştirmiş olduğu telgraf için Amerikan patenti almıştı. Daha sonra Avrupaya yaptığı yolculuk sırasında İngiltere, Fransa ve Rusya gibi ülkelerden patent almak için başvurduysa da bu konuda başarılı olamadı. Morse'un geliştirmiş olduğu telgrafta alıcı: aygıt, göndericiden gelen imle çalışan bir elektromıknatis ve bu mıknatısın hareketi ile kağıdın üzerine Morse kodlu mesajı mürekkeple yazan bir düzenekten oluşmaktaydı. Zamanla alıcıda çalışan memurlar Morse kodunu ezberledikleri için elektromıknatısın açılıp kapanmasın-

dan çıkan seslerle mesajı yazabiliyorlar ve böylece mürekkepli yazıcıya gerek kalmıyordu. Buluşunun en önemli bölümünü bir mürekkepli yazıcının oluşturduğuna inanan Morse bu olaya, elektromıknatıs dinleyerek mesaj yazan memurları işten atma ile tehdit edecek ölçüde sinirlenmişti. Ancak bu tür kişisel kaprislerin teknolojik gelişmelere engel olması düşünülemezdi ve gerçekten de kısa bir süre sonra mürekkepli yazıcı bir daha kullanılmamak üzere ortadan kalktı.

Morse, yaşamının sonuna dek şöhret ve para ile onurlandırılmıştır. Bilgisinin önemli bir bölümünü Joseph Henry'ye borçlu olmasına karşın bir kez bile Henry'yi onurlandırmayı düşünmeyen Morse'un Amerikan iç savaşının nedenini oluşturan zenci esir ticaretinin 'hararetili bir savunucusu olduğunu da belirtelim.

OKYANUS KABLOSU

Yeni bir teknolojik atılımda başarıya ulaşmanın yolu çoğu kez başarısız deneyimlerden geçer. Bu olguya iyi bir örnek kıtalararası telgraf iletişimini sağlamak amacı ile Atlas Okyanusuna döşenen kablunun öyküsüdür. Aşağıda bu öyküyü çarpıcı yönlerini ayrıntılandırarak sunmaktayız.

Telgraf teknolojisi hızla gelişmesini sürdürürken 1856 yılında Amerika ile Avrupa kıtaları arasında bir denizaltı telgraf hattının gerçekleştirilebilmesi yolunda ilk atılımlar yer almaktaydı. Daha 1850 yıllarında New York ile Kanada'nın doğu kıyısındaki New Foundland adası arasında bir telgraf hattının kurulabilmesi için ön çalışmalar yapılmış ve çeşitli teknik ve parasal zorlukların sonucu olarak bu atılım ancak 1856 yılında gerçekleşmişti. Bundan sonra yapılacak iş New Foundland adası ile İrlanda'nın batı kıyısındaki Valentia kenti arasında bir denizaltı kablunu döşeyebilmektir. Bu iş için New York'lu bir tüccar Cyrus Field, Samuel Morse'un da ortaklarından biri olduğu 350.000 sterlin sermayeli Atlantik Telgraf Şirketinin kurulmasına önyak oldu.

1857 yılında iki İngiliz firması 4000 km uzunlukta yedi bakır telden oluşan bir demetin üç kat Sumatra zamkı (*gutta-percha*) ile kaplanacağı bir kablunun yapımına başladı. Birbirlerine eklenebilecek 3'er km'lik parçalardan oluşan kablunun dış çapı 16 mm, ağırlığı ise 2800 kg/km olarak saptanmıştı. Atlantik Telgraf Şirketinin teknik danışmanları arasında William Thomson (sonraları Lord Kelvin adını almıştır), Michael Faraday ve Samuel Morse gibi tanınmış isimler yer almaktaydı.

Atlas Okyanusu projesinin gerçekleştirilmesi için Amerikan Deniz Kuvvetleri 5200 tonluk Niagara gemisini, İn-

giliz Kraliyet Donanması da 3200 tonluk Agamemnon gemisini görevlendirmişlerdi. Valentia'dan Atlas Okyanusu'nun ortasına kadar Niagara gemisi kabloyu döşeyecek ve buradan New Foundland adasına kadar da bu görevi Agamemnon gemisi üstlenecekti.

1857 yılının 6 Ağustos sabahı gemiler Valentia kentinden Atlas Okyanusuna doğru açıldılar. Daha kıyıda 8 km açılmamışlardı ki Niagara'nın güvertesinde bir mekanizmaya takılan kablo koptu. Kopan kablonun ucu sığ suda olunması nedeni ile bulunabildi ve gerekli eklemeler yapılarak yeniden denize acıldı. 11 Ağustos günü kablo salma düzeneğinde çalışan teknisyenin bir panik sonucu mekanizmayı aniden frenlemesi sonucu kablo koptu ve gemiler gerisin geriye İngiltere'ye dönmek zorunda kaldılar.

Bundan bir yıl kadar sonra 1858'in Haziran ayında aynı gemiler aynı görevi yeniden üstlendiler. Bu kez iki gemi taşıdıkları kabloları Atlas Okyanusunun ortasında birleştirecek ve bundan sonra Agamemnon İrlandaya, Niagara ise New Foundland'a doğru ilerleyerek kabloyu döşeyeceklerdi. Ayrılma noktasından 5 km. sonra Niagara gemisindeki kablo koptu ve gemiler buluşma noktasına dönerek kablolarını eklediler ve yeniden açıldılar. Bu kez ayrılma noktasından 120 km ötede, gemilerde kullanılmakta olan hassas galvanometreler aracılığı ile bağlantıda bir arıza olduğu ortaya çıktı ve gemiler başlangıç noktasına



Şekil 8. Atlas Okyanusuna 1865 ve 1866 yularında telgraf kablosu döşemek üzere kullanılan ve zamanındaki büyük sayılan gemilerden beş kat daha büyük olan "Great Eastern" gemisi.

dönmek zorunda kaldılar. Arıza nedeninin kablo yalıtkanının iki yerde kısa devre olmasından doğduğu anlaşıldı ve bu arıza giderilerek gemiler yeniden hareket etti. Bir süre sonra Agamemnon gemisindeki kablo koptu ve bunun üzerine gemiler İrlanda'nın Queenstown kentine dönüp yakıt ve yeni kablo ikmali yapmak zorunda kaldılar. Bundan sonraki çabalar önemli bir engelle karşıla-

şma ve 5 Ağustos 1858 günü kabloların döşenme işi başarı ile tamamlanmış oldu.

Okyanus kablosu projesinin başarı ile tamamlanmış olduğu New York'a telgraf ile bildirildi ve olay ülkenin birçok yerinde bir bayram sevinci ile kutlandı. Ne var ki bu sevinç uzun ömürlü olmadı. Çünkü daha iletilen mesaj sayısı 400'ü bile bulmamışken, 1 Eylül 1858 günü, denizaltı kablosu oranlamayacak bir biçimde arı/alandı.

Büyük bir başarısızlığa uğramış olan Atlas Okyanus'u telgraf hattı atılımı 1865 yılına dek gündeme gelmedi. Bu kez bu görevi öncekilere göre daha üstün bir teknoloji ile donatılmış ve o zamanki dünyanın en büyük gemisi olan Great Eastern üstlendi. Bu amaç için kullanılacak kablo önceki deneyimlerden alınan derslerle çok daha sağlam bir biçimde imal edilmişti. Kablonun kalınlığı 1857-58 deneyiminde kullanılanın üç katıydı. Üstelik kablo, üstü katranla kaplanmış demir tellerden oluşan bir zırhın içine oturtulmuştu.

1896 yılının Temmuz ayında Great Eastern gemisi ile başlatılan kablo döşeme çabaları yeniden başarısızlıkla sonuçlandı. Artık başarısızlıktan başka birşey getirmemiş olan bu proje için sermaye bulmak da çok güç oluyordu. Bu amaç için Anglo-Amerikan Telgraf Şirketi adında yeni bir şirket kuruldu. Bu şirketin sağladığı finansman ile yeniden kablo imal edildi. Nihayet 1866 yılının Haziran ayında başlayan ve yine Great Eastern gemisi tarafından sürdürülen kablo döşeme yolculuğu 7 Eylül günü başarı ile tamamlandı. Böylece kıtalararası telgraf iletişimini sağlamak için girişilen 10 yıllık yorucu bir macera sona ermiş oluyordu.

TELSİZ TELGRAF

Telgraf teknolojisinin 19. yüzyılın ikinci yarısında uğurluğun vazgeçilmez bir teknolojik ögesi olarak yerini almasından sonra gerçekleşen en önemli aşama telsiz telgraftır. Alman bilim adamı *Heinrich Hertz* (1857-1894)'in Maxwell'in elektromagnetik kuramından hareket ederek yaptığı deneyler ile elektromagnetik dalgaların haberleşmede kullanılabileceği ilkesi açığa çıkmıştı. Bu bilimsel ortamdan teknolojiye geçişte yine gerçek bir mucit *Guglielmo Marconi* (1874-1932) önemli bir rol oynamıştır. İlk telsiz telgrafı Marconi'nin mi yoksa Rus fizikçisi *Alexander Stepanoviç Popof* (1859-1905)'un mu bulunduğu konusu tam bir açıklığa kavuşmamış olmakla beraber teknolojik gelişmelerde Marconi'nin katkılarının önemi su götürmez bir gerçektir.*

* *Maxwell'den Hertz'e ve de Marconi'ye dek uzanan telsiz telgrafın öyküsü Elektrik Mühendisliği Dergisinin bu sayısında "Elektromagnetik dalga üretilmesi ve sezilmesi" başlıklı yazıda yer almaktadır.*

ELEKTRİK İLE SES İLETİMİ;TELEFON

1854 yılının 25 Ağustos'unda Paris'te çıkan l'illustration dergisinde Charles Bourseul'un bir yazısı yayımlandı. Bourseul bu yazısında insan konuşmasının elektrikle iletilebilmesi için kafasında tasarladığı bir aygıttan söz ediyordu. Betimlenen bu aygıt, metal bir kantağa yakın, titreşebilen bir zardan oluşan verici ile; batarya aracılığıyla vericiye seri olarak bağlanmış olan ve kutuplan ince bir demir diyaframa yaklaştırılmış bir elektromıknatıstan oluşan bir alıcıdan ibaretti.

Friedrichsdorf kentinde bir Alman fizik profesörü olan Johann Philipp Reis 1861 yılında Frankfurt Fizikçiler Demeği'ne verdiği bir konferansta yapmış olduğu ve telefon adını verdiği bir aygıttan söz ediyordu. Reis'in aygıtının Bourseul'un tasarlamış olduğu düzenden tek farkı alıcının üzerine ince tel sarılmış bir örgü fişi ile bunun çevresine yerleştirilmiş hafif tahtadan yapılmış bir rezonatörden oluşmasıydı. Ancak Reis bu aygıtla konuşmaların yeterince anlaşılabilir bir biçimde iletilemediğini de belirtmişti. Ses dalgalarının sürekli olarak bir devreyi açıp kapaması ile elde edilen elektrik akımı, genliği sabit bir kare dalga imi oluşturuyor, bu ise doğal olarak alıcıda, gerçek ses dalgalarından farklı ve anlaşılması zor bir gürlüğü yaratıyordu.

Bugün, gündelik yaşantımızın en vazgeçilmez aygıtlarından biri olan telefonun muciti olarak bilinen kişi *Alexander Graham Bell* (1847-1922)'dir. İskoçyalı bir ailenin çocuğu olan Bell'in babası tanınmış bir dil öğretmeni idi. Babasının mesleğine ilgi duyan genç Alexander özelikle sağır ve dilsizlere görerek duymasını öğretme konusu üzerinde çalışmaya başladı ve bir süre bu konuda Edinburgh ve Londra'da öğretmenlik yaptı. Bu çalışmalar sırasında ses dalgalarına ilişkin bilgileri öğrenebilmek için Helmholtz ve Wheatstone gibi tanınmış bilim adamlarının aygıtlarını da inceleyen Bell verici ve alıcıda diyaframa kullanıldığı bir tür müzikli telgraf aygıtı yaptı. Yaptığı bu aygıttan esinlenerek, aynı hattın değişik sıklıkta birçok telgraf mesajını iletilebilecek bir harmonik telgraf dizgesi üzerinde yardımcı Watson ile beraber yaptığı deneyler sırasında ses dalgası ile orantılı bir elektrikiminin elde edilmesi için devrenin bir kontak aracılığı ile sürekli açılıp kapanması yerine elektromıknatısın ses dalgasıyla orantılı olarak akım üretecek bir biçimde titreştirilmesi gerektiğini gördü.

1875 yılının Haziran ayında bir rastlantı sonucu olarak yaptığı bu gözlemden sonra Bell büyük bir sabırla pratik bir telefon aygıtı yapabilmek için çalışmalara koyuldu. Bu çalışmalarında pratik yetenekleri gerçekten üstün bir kişi olan yardımcısı Watson'un da önemli katkıları ol-

du. İki adamın çalışmalarının sonucunda, 1876 yılında, Bell, yaptıkları telefon alıcı-verici aygıtının patentini aldı ve 1877 yılı başlarında telefon dünya çapında bir ilgi görmeye başladı. Artık daha önce yapılmış telgraf hatları üzerinden telefon ile konuşmaların iletilebilmesi gerçekleşebiliyordu. Bell yaptıkları alıcı-verici telefon aygıtını "sosyal amaçlar" için yıllığı 20 dolara, "ticari amaçlar" için ise bunun iki katına kiraliyordu. Kısa bir süre içinde Boston'da kurulan ufak bir fabrikada telefon imal edilmeğe başlandı ve böylece gittikçe büyüyen bir ticari uygulama alanı açılmış oldu. Bu alanda çalışmak üzere Bell tarafından kurulmuş olan Bell Telefon Şirketi bugün ABD'nin en büyük tekellerinden birinin adıdır.

Bell patentli telefonun imal edildiği sıralarda zamanın diğer mucitleri de konu ile ilgilendiler. Ünlü mucit Edison titreşen kömür tozunun değişken direncinden yararlanan bir verici ve yine Bell patentinden farklı bir alıcı geliştirerek 200.000 sterlin sermayeli Londra Edison Telefon Şirketini kurdu. Bu şirketler Londra'daki abonelerin ve dolayısı ile telefon santrallarının büyüüp gelişmesinde önemli rol oynadı.

Daha önce telgraf makinalarının gelişmesine katkıda bulunmuş David Hughes adlı bir İngiliz'in geliştirdiği ve *mikrofon* adını verdiği aygıt sonraları telefon teknolojisindeki gelişmelere yol gösterici olmuştur. Bir elektrik devresinde, bazı öğelerin değme basıncından kaynaklanan akım değişimlerini inceleyen Hughes'in mikrofonu, zayıf sesleri, titreşen bir cismin değmesi ile kuvvetlendirme özelliğine sahipti. Bu buluş sonraları çeşitli diyaframlar ve kömür tozundan oluşan son derece verimli vericilerin gelişmesine yol açmıştır.

Alıcı-verici aygıtların gelişmesi ile telefon santraldan da önemli gelişmelere tanık olmuştur. Bu gelişmeler günümüze dek süregelmiş olup elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak sürekli bir değişim içindedir.

RASTLANTI MI?

Yazımızın şimdiye kadarki bölümünde bilim ve teknolojiye katkıda bulunmuş birçok üstün yetenekli kişi ve bu kişileri önemli buluşlara yönelten çeşitli rastlantılarla karşılaştık. Doğal olarak akla gelen bir soru bilimsel ve teknolojik gelişmelerde üstün kişilerin ve bu kişilere yardımcı olan rastlantıların gelişmelerde belirleyici bir rolü olup olmadığıdır.

Burada vurgulanması gereken ikinci ve önemli bir olgu daha var. O da yazımızda çeşitli örneklerini gördüğümüz gibi birçok kez aynı buluşun farklı kişilerce ve birbirle-

ELEKTRON VE ATOMİZME DÖNÜŞ

Röntgen ışınlarının bulunuşundan iki yıl sonra, 1897 yılında, İngiliz fizikçisi *John Joseph Thomson* (1856-1940) katot ışını oluşturdu, kendi deyimi ile, taneciklerde (*corpuscles*) yükün kütleye olan oranını hesapladı. Thomson bu taneciklerin hızlarının da yaklaşık olarak ışık hızının beşte biri olduğunu gösterdi.

Bu buluşları ile Thomson yüzyıllar boyunca özü anlamayan elektrik olayının taneciklerden veya -ilk kez İrlandalı fizikçi *George Johnstone Stoney* (1826-1911)'in hidrojen atomunun oluşturduğu doğal yük birimi için kullandığı ve sonradan Thomson'un da benimsediği sözcüklerle - elektronlardan meydana geldiğini göstermiş oluyordu. 1906 yılında Amerikalı fizikçi *Robert Andrew Millikan* (1868-1953) elektronun yükünü deneysel bir yöntemle - $1,609 \times 10^{-19}$ kulon olarak hesapladı. Böylece Thomson'un hesaplamış olduğu oran kullanılarak elektronun kütlesi $9.1072 \cdot 10^{-28}$ gram olarak belirlenmiş oldu.

Thomson elektronu bulduktan sonra maddenin en küçük parçası - sonradan bölünebilir olduğu anlaşılacak olan - atomla ilgili görüşler de ileri sürdü. Thomson'un öğrencisi *Ernest Rutherford* (1871-1937) sonradan atomun yapısını çok daha kapsamlı bir biçimde ortaya koymuştur. Elektronla beraber fizikte yüzyıllar boyunca bir çatışma konusu olan süreklilik-kesiklilik kavramlarından atomizme, yani kesiklilik kavramına bir dönüş oldu. Bu dönüş ilerde ışığın da "quanta" denilen kesikli paketlerden oluştuğu görüşü ile daha da büyük bir güç kazandı.

ELEKTRONİK ÇAĞINA DOĞRU

Daha 1883 yılında Edison karbon filamanlı bir cam tüpüne içine bir metal yerleştirilmesi ile-filaman yeterince ısınmış olduğu sürece - metalden sürekli bir akım geçtiğini gözlemişti. 1904 yılında bir İngiliz muciti *John Ambrose Fleming* (1849-1945) yukarıda açıkladığımız ve Edison etkisi diye bilinen olayı ve Thomson'un boşalmalı tüp deneylerini inceleyerek ilk tüplü doğrultmacı (*redresör*) buldu. Daha önce Marconi ile çalışmış olan Fleming bu yeni buluşu ile yüksek sıklıkta gönderilen telsiz telgraf imleri için bir sezici (*detektör*) yapmış oluyordu. Bu sıralarda tüplü doğrultmacının (veya tüplü diyotun) yanısıra "kedi bıyığı" diye bilinen ve bir kristale değmekte olan telin, bir yönde öbür yönden daha fazla akım geçirmesi olayından yararlanan seziciler de oldukça sık kullanılmaktaydı. Sonraları kedi bıyığı tranzistorun gelişmesinde önemli bir yol gösterici olmuştur.

Fleming'in tüplü doğrultmacı bulmasından iki yıl sonra 1906 yılında, Amerikalı mucit *Lee De Forest* (1873-

1961) bu buluşa temel bir katkıda bulundu. De Forest'in geliştirdiği "audion" tüpünde (sonraları bu tüp triyot adını almıştır) katot ve anotun arasına ızgara diye adlandırılan yeni bir elektrot eklenmişti. Anlaşıldığı kadarı ile De Forest'in kendi de buluşu açıkladığı sıralarda elektronik çağına geçişin en önemli öğelerinden biri olan yükselteci gerçekleştirdiğinin bilincinde değildi.

1911 yılında Lieben, Reisz ve Strauss adında üç Avusturyalı, De Forest'in geliştirmiş olduğu triyot tüpünün bir yükselteç olarak kullanılmasını içeren bir Fransız patenti aldılar ve böylece ilk elektronik yükselteç gerçekleştirilmiş oldu.

1912 yılında Amerika'daki Columbia Üniversitesi öğrencilerinden *Edvin Howard Armstrong* (1890-1954) triyotun a notundan ızgaraya ^eri besleme yaparak yüksek sıklıkta salımlar elde edilebileceğini gösterdi. Bu buluş hemen hemen aynı zamanlarda De Forest tarafından yapıldıysa da öncelik genellikle, aldığı patentin bir yıl gecikmiş olmasına karşın Armstrong'a verilir. Sonraları geri besleme kavramının elektronikte çok yararlı sonuçlar verdiği görüldü ve Bode, Nyquist gibi öncülerin çalışmaları ile yepyeni ve tüm bilim disiplinlerinde uygulanabilecek bir matematiksel "denetim kuramı" doğdu.

İlk telsiz telefon veya radyo vericisi ABD'de 1906 yılının Noel gecesi yapılan bir yayında kullanıldı. Bu verici 50 kHz sıklıkta ve 1 kW gücündeydi. Ses iminin bındırımı (*modüasyon*) anten devresine bağlı bir mikrofona ile sağlanmaktaydı. Daha sonra Lee De Forest 1907 yılında New York kentinde, 1908 yılında Paris'te Eysel Kulesinde ve 1909 yılında da yine New York kentinde Metropolitan Operasında deneysel verici yayınları yaptırmıştır.

Birinci Dünya Savaşında radyo büyük önem kazanmıştı. Araştırmalar gizlilik içinde yürütülüyor ve uygulamalar çoğunlukla gemiden gemiye veya gemiden kıyıya konuşmalar biçiminde yer alıyordu. Savaş sona erdikten sonra amatör radyoculuk gelişmeye başladı, ilk önceleri yalnız M örs kodlu mesajlar ileten amatörler sonraları konuşmaları da yayınlamaya başladılar. Amatör radyoculuk özellikle kısa dalga radyoculuğunun hızla ilerlemesine yardımcı olmuştur.

Radyo alıcıları ilk önce bir kulaklık ve bir kedi bıyığı kristalden oluşacak kadar basitti. Sonraları tek tüplü ve hoparlörlü alıcılar kullanılmaya başlandı. Kullanılan hoparlörler telefonlarda kullanılanların büyüğü idi ve çok verimsiz sonuçlar doğuruyordu. Bu sakınca konik hoparlörlerin geliştirilmesi ile büyük ölçüde giderildi.

Radyo alıcılarındaki köklü bir değişiklik süperheterodin devrenin bulunması ile yer almıştır. 1919 yılında Armst-

rong'un geliştirdiği ve patentini aldığı bu devreye sonraları Hartley, Colpits ve Hazeltine gibi mühendisler katkıda bulunmuşlardır.

Armstrong'un radyo mühendisliğine yaptığı en önemli katkılardan biri de 1939 yılında bulduğu sıklık bindirimi (FM) dir. Sıklık bindirimi, alıcılarda im/gürültü oranının büyük ölçülerde yükselmesini sağlayan bir bindirim yöntemidir.

Elektronik tüpler Fleming diyotundan başlayarak triyot, tetrot, pentot vb. gibi elektrotların çoğaldığı gelişimlerden geçti. Radyo teknolojisi ile birlikte kullanılan elektronik devreler de gittikçe karmaşık biçimler almaya başladı. Bu sorunlardan kaynaklanarak elektrik devrelerinin daha sistematik bir biçimde çözümlenmesi ve bireşim (sentez)lenmesi konusuna yönelik "devre kuramı"adlı matematiksel disiplin önemli gelişmeler gösterdi.

Yükselteç, osilatör vb. gibi elektronik devrelerde kullanılan elektronik tüplerin geometrik boyutları, özellikle 2. Dünya Savaşı'nda radar uygulamaları için gereken çok kısa dalga imlerinde sınırlayıcı bir engel oluşturuyordu*. Bu nedenle elektrik akımını oluşturan elektronların hareketleri yerine, yüksek hızlı elektron ışınlarının hızını değiştirme ilkesine dayalı yeni aygıtlar geliştirildi. Bu ilkeye dayalı yeni aygıtlar geliştirildi. Bu ilkeye dayalı olarak 1939 yılında ABD'de Stanford Üniversitesinde Varian Kardeşler tarafından geliştirilen klistron tübü mikrodalga uygulamalarında kullanılmaya başlandı. Aynı yıl içinde iki İngiliz mühendisi Boot ve Randall klistron tüpünden çok daha güçlü olan ve magnetik alanların da kullanıldığı mikrodalga generatörü magnetronu geliştirdiler.

1950 yılında Alman asıllı bir Fransız profesörü *Alfred Kastler* (1902 -) önemli buluşlara yol açacak olan bir dizge geliştirdi. Geliştirdiği dizgede belirli maddelerin atomları değişik sıklıklarda ışık enerjisi ile pompalanıyor ve çok kısa bir süre için bu enerjiyi emen atomlar aynı ışığı geri yayabiliyorlardı. 1953 yılında *Charles Hard Townes* (1915 -) adında bir Amerikalı profesör öğrencileri ile birlikte adı İngilizce "Microwawe ÂmpHfication by Stimulated Emission of Radiation" (*Radyasyon uyarmaü yayma ile mikrodalga yükseltimi*) tümcesinin baş harflerinden oluşan MASER aygıtını geliştirdi. Geliştirilen bu aygıt bir metal kutu içindeki amonyak gazının atomlarına enerji pompalanması ile tek ve arı bir sıklıkta güçlü bir mikrodalga ışını üretebilmekteydi. Bu buluşun SSCB'de iki Sovyet fizikçisi *Aleksandır Mihayüoviç Prokorof* (1916 -) ve *Nikolay Genadiyiviç Basof* (1922-)

* 2. Dünya Savaşından radar ve sonar aygıtlarının gelişmesine ilişkin bir yazı *Elektrik Mühendisliği Dergisinin* bu sayısında "Radar Sonar ve 2. Dünya Savaşı" başlığı altında yer almaktadır.

tarafından da aynı zamanda geliştirilmiş - özellikle kuzamsal yönden temellendirilmiş- olması nedeni ile bu üç bilim adamı 1964 Nobel Fizik ödülünü paylaştılar. Daha sonra 1960 yılında Amerikalı fizikçi *Theodore Harold Maiman* (1927-) MASER sözcüğünün ilk harf inin İngilizce "Light" (ışık) sözcüğünün ilk harfi ile değiştirilmesi sonucu LASER sözcüğü ile anılan aygıt geliştirdi. Maiman'ın yaptığı LASER sarmal bir ksenon (xenon) lambası ile pompalanan sentetik bir yakut çubuktan oluşmaktaydı. 1 milisaniyelik ve 10 kW gücünde son derece ince ve yönlendirilmiş ışın darbeleri yayan yakut LASER ile büyük bir güç - ısı eşdeğeri güneşin yüzeyindeki ısıdan çok daha fazla - çok küçük bir alanda yoğunlaştırılabiliyordu. Bugün çeşitli yöntemlere göre yapılan LASER'ler tıp, iletişim ve daha birçok uygulamalarda kullanılmakta olup gelecek için de gelişmeye açık bir teknoloji olarak görülmektedir.

Elektronik teknolojinin doğurmuş olduğu, olumlu ve olumsuz etkileri ile toplumsal yönü büyük bir öneme sahip olan bir aygıt televizyondur. Elektrik ile resim iletimi daha 19. yüzyılda birçok mucit tarafından imgelenmiş, hatta mekanik parçalı bazı aygıtlar geliştirilmişti.*

Bu atılımların ticari uygulamalara geçebilecek teknolojik aşamaya varması ancak mekanik düzeneklerin elektronik yöntemlerle yapılabilmesi sonucunda gerçekleşebilmiştir.

Modern televizyonun bulunuşu Rus asıllı Amerikalı fizikçi *Vladimir Koşma Zvorkin* (1889-)'in 1938 yılında televizyon kamerasının en önemli parçası olan ve ilk kez resim tarama yöntemini tümüyle elektronik olarak yapan "ikonoskop"u buluşu ile başlar. O sıralarda alıcı olarak "kineskop" adıyla bilinen ve ilk kez 1897 yılında Strazburg Üniversitesi'nde Kari F. Braun'un bulmuş olduğu katot ışınli osiloskop benzeri bir aygıt kullanılmaktaydı. 2. Dünya Savaşı'ndan sonra 1950'lerde televizyon ticari uygulama aşamasına erişti ve bugün televizyon ideolojileri evlerin içine kadar taşıyabilecek etkinlikte vazgeçilmez bir dayanıklı tüketim eşyasıdır.

Elektronik teknolojisindeki en önemli aşamalarda biri kuşkusuz yarı-iletken fiziğindeki gelişmelerin sonucundan doğmuştur. Yarı-iletken fiziği üzerinde birçok bilim adamının yarattığı bilgi birikimi nihayet Bell Telefon Laboratuvarları'nda çalışan Brattain, Bardeen ve Shockley'in tranzistoru bulması ile patlama noktasına ulaştı.*

* *Televizyon ile ilgili geçmiş atılımları anlatan bir yazı bu sayıda "tik Televizyon Önerileri" başlığı altında yer almaktadır.*

* *Tranzistorun bulunuşu ile ilgili "TranzistorunDoğuşu" başlıklı bir yazı bu sayıda yer almaktadır.*

Bu üç bilim adımı buluşlarından dolayı 1956 Nobel Fizik Ödülünü paylaştılar. Yarıiletken elektronik teknolojisi bundan sonra da büyük gelişmeler göstermiş ve özellikle uzay uygulamalarından kaynaklanan küçültülme (miniaturization) gereksinimi sonucu yarı-iletken öğelerin yanısıra direnç, sığaç vb. gibi diğer devre öğelerini de içeren tümleşik devre teknolojisi doğmuştur. Bugün elektronik teknolojisinin büyük bir bölümü tümleşik devrelerden oluşmaktadır. Tümleşik devrelerin gelişmesi ile yine 20. yüzyılın ürünü olan elektronik devre çözümleme yöntemleri "klasik" sıfatına layık görülmüş ve daha "modern" bir yaklaşım; "dizge (sistem)yaklaşımı" rağbet görmeye başlamıştır.

İlk hesaplama makinası dişlilerle toplama-çıkarma yapabilen bir aygıttı. 17. yüzyılda Fransız matematikçisi ve fizikçisi *Blaise Pascal* (1623-1662) tarafından yapılmış olan bu makinadan sonra Alman filozof ve matematikçisi *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646-1716) çarpma ve bölme de yapabildiği daha üstün bir makina geliştirdi. Bugünkü anlamıyla gerçek bir bilgisayara yakın bir makina-ya imgeleyen, ancak elektriğin sunduğu olanaklardan yoksun olması nedeni ile bu makinayı ancak sınırlı bir biçimde gerçekleştirebilen kişi İngiliz matematikçisi *Charles Babbage* (1792-1871)'dir.

20. yüzyılda, oldukça karmaşık işlemler yapabilen ancak mekanik ve yavaş çalışan öğelerden oluşan ilk bilgisayar Amerikalı elektrik mühendisi *Vannevar Bush* (1890-)'un yönetiminde 1920-1930 yılları arasında Massachusetts Institute of Technology'de yapılmıştır. İlk elektronik bilgisayar ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*)'ın yapımına ise 1942 yılında başlanmış ve 1945 yılında tamamlanmıştır. ABD Kara Kuvvetleri için yapılan bu bilgisayarın yapımını Eckert ve Mauchly adında iki Amerikalı elektrik mühendisi yönetmiştir. Önceleri elektronik tüplerle yapılan bilgisayarlar yarı-iletken teknolojiye geçildikten sonra hız ve bellek sığası yönünden büyük bir gelişme gösterdiler. İlk tranzistor kullanan bilgisayar SEAC (*Standarts Eastern Automatic Computer*) ABD Standartlar Bürosu tarafından 1950 yılında yapıldı. Tranzistor çağından tümleşik devreler çağına geçildikten sonra bilgisayarlar çok daha küçük ölçülere geldi. Bugün bilgisayar teknolojisi bir ülkenin teknolojik düzeyinin ölçütünü oluşturacak kadar önemli bir alan olarak görülmektedir.

VE SONUÇ

Çağdaş teknolojinin en vazgeçilmez öğelerinden biri olan elektriğin tarihsel öyküsünü sunmaya çalıştık. Gördük ki yüzyıllar boyunca teknolojik potansiyeli su yüzüne çıkamamış olan bu olay 19. yüzyılda başlayıp bugüne dek süregelen teknolojik bir patlamaya yol açmıştır.

Diğer dallarda olduğu gibi elektrikte de bilimsel ve teknolojik gelişmelerin, bireylerin çabalarının ötesinde var olan nesnel koşulların sonucu olarak yer aldığını elden geldiğince vurgulamaya çalıştık. Bu nedenle yazımızın birçok yerinde olduğu gibi şu veya bu buluşa bir sahip göstermiş olmamız, buluşa dolaylı bir biçimde katkıda bulunmuş yüzlerce kişinin adını vermenin pratik zorluğundan kaynaklanan bir yaklaşım olarak yorumlanmalıdır.

Bugün bilim ve teknoloji mucitler çağında olduğundan çok daha farklı bir biçimde gelişmektedir. Bireysel atılımların yerini bilim adamları ve mühendislerin çalıştığı büyük ölçekli örgütler almıştır. Çağımızın önemli bir sorunu bilim ve teknolojiye verilen uğraşları, kapitalist tekelin çıkarları yerine toplumların gerçek çıkarlarına yararlı olabilecek bir biçimde yönlendirmektir. Bu sorunun çözümü teknik bir çerçeveyi aşan ve tüm siyasal boyutları ile ele alınması gereken bir uğraştan geçmektedir. Bu uğraşta teknokratların da önemli bir sorumluluk taşıdığına inanmaktayız.

KAYNAKLAR

1. **Bernal, J.D.**, *Science in History*, Cilt 3,4, Penguin, 1965.
2. Asimov, I., *Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Pan, 1975.
3. Meyer, H.W., *A History of Electricity and Magnetism* MIT Press, 1971.
4. **Dunsheath, ?.**, *A History of Electrical Engineering*, Pitman Pub. Co., 1962.
5. **Dummer, G.W.A.**, *Electronic Inventions 1745-1976*, Pergamon Press, 1977.
6. *Encyclopedia Britannica*; 200. yıldönümü özel baskısı, 1968.
7. *Encyclopedia Britannica*, ilk baskı, 1768.
8. **Dibner, B.**, *The Atlantic Cable*, Blaisdell Pub. Co., 1959.
9. *IEEE Proceedings*, Geçmiş 200 yıl üzerine özel sayı, Eylül 1976.
10. **Morgan, B.**, *Men and Discoveries in Electricity*, Bilimsel Kitap Klübü, Londra, 1953.
11. **Wolf, A.**^4 *History of Science, Technology and Philosophy*, Peter Smith, 1968.