

# Matematiksel fiziğin doğuşu: Archimedes

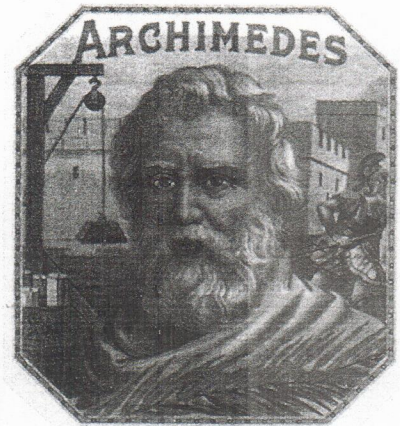
Archimedes, her ne kadar fiziksel dünyayı yerinden oynatmasa da bilim dünyasını yerinden sarsmıştır. Matematiksel fiziğin doğuşuna imkân sağlamış ve günümüze kadar gelen başarılı teoremlere imza atmıştır. Belki de çağının en özgün çalışmalarını yapmıştır.

**S**irakuza'lı (bugünkü Sicilya sınırlarında) Archimedes matematiksel fiziğin kurucusudur. İlk askeri mühendislerdendir. Denge problemlerini basit geometrik problemlere dönüştürmesi, dehasının açık bir örneğidir. Bu yüzden Archimedes sadece antik dünya için değil günümüz için de önemli bir figürdür. Modern bilimin kurucularından Galileo kitaplarında, kendisine atıflarda bulunurken Archimedes isminin önüne *üstün insan* sıfatını yazmış ve birçok yerde övgüler sıralamıştır.

İskenderiye, MÖ 3. yüzyıl ile MS 4. yüzyıllar arası bilimin ve kültürün merkezi haline gelmiş ve Helen döneminin simgesi olmuştur. Burada bulunan Müze ve Kütüphane etrafında toplanan bilimciler, parlak başarılarla imza atmıştır. Modern dönemin bilimini anlamak için, antik dünyanın bu önemli dönemini ele almak, genelde bilimin, özelde ise fiziğin temellerine yolculuk yapmaktır. İşte Archimedes, bilimin geliştiği, doğaya dair bilgilerin arttığı ve bilme ihtiyacının fazlaştığı böylesi bir dönemde İskenderiye'de bulunmuştur. Hayatı ile ilgili birçok gizem ve anlatı mevcuttur. Hayatını Heracleides yazmıştır ancak bu eser günümüzde bulunamamıştır. Eutocius, Archimedes'in *çemberin ölçümü* adlı kitabına

yazdığı şerhte, Heracleides'in bu kitaptan bahsetmektedir. (Burada da bir muamma vardır. Zira Eutocius belki bir yazım hatasından Herakleios demiştir. Ancak Archimedes *Spiral Çizgiler* adlı eserinin önsözünde bu ismi Heracleides olarak zikretmiştir.) Eserlerini inceleyecek olursak matematik çalışmaları ağır basmaktadır. Hatta Plutark'a göre, Archimedes kendi icatlarını fazla önemsemez ve onları *"geometrinin oyun oynarken düştüğü sapkınlıklar"* olarak nitelendirir. Ancak ironik bir şekilde kendine ün getiren şeyler de mekanik icatları ve fizik alanındaki çalışmaları olmuştur.

Plutark'a göre, Archimedes kendi icatlarını fazla önemsemez ve onları "geometrinin oyun oynarken düştüğü sapkınlıklar" olarak nitelendirir. Ancak ironik bir şekilde kendine ün getiren şeyler de mekanik icatları ve fizik alanındaki çalışmaları olmuştur.



Galileo kitaplarında, Archimedes isminin önüne *üstün insan* sıfatını yazmış ve birçok yerde övgüler sıralamıştır.

## Çalışmaları

Archimedes'in çalışmaları incelendiğinde, kullandığı yöntemden dolayı, Euclid'in öğrencileriyle çalıştığı kanısına ulaşılabilir. Euclid'in elementlerine hâkimdir ve onun gibi aksiyomatik yöntemi kullanmıştır. İki ciltten oluşan *Düzlemlerin Dengesi Üzerine* adlı eserinin ilk cildi on beş önerme ve yedi postulattan oluşur. İkinci cildi ise on önermeden oluşur. *Çemberlerin Ölçümü* üç önermeden oluşan kısa bir risaledir, *Spiraller Üzerine* yirmi sekiz önermeden, *Küre ve Silindirin Üzerine* iki ciltten oluşur. *Konikler ve Spheroidler Üzerine* otuz iki önermeden oluşur, *Yüzen Cisimler Üzerine* iki ciltten oluşan bir risaledir. *Parabolün Kareleştirilmesi*, *Kum Sayacı*, *Mekanik Teoremler Metodu* ve *Archimedes'in Cattle (sığırtı) Problemi* adlı eserleri vardır. Bu çalışmalarında Euclid'in *elementlerindeki* gibi önerme ve postulatlar kullanmıştır.

## Denge halindeki cisimler

Archimedes, statikğin temel prensiplerini ortaya koyduğu *Düzlemlerin Dengesi Üzerine* adlı risalesine postulatlarla başlamaktadır. İlk postulatı; "Eşit uzaklıktaki eşit ağırlıklar dengededir ve eşit olmayan uzaklıktaki eşit ağırlıklar dengede değildir, ancak denge, daha uzaktaki ağırlık yönüne doğru bozulur." Ve yine ilk önermesine "eşit uzaklıktaki ağırlıklar dengede ise, birbirlerine eşittirler" diyerek başlar. Mekanik aletlerin statik durumlarını günümüzde de kullanabileceğimiz kadar doğru bir şekilde tanımlamıştır. Archimedes'e kaldıraç ve daha birçok mekanik aletin icadından ve çalışma prensiplerini açıklamasından dolayı teşekkür etmeliyiz. Çünkü bugün kullandığımız pek çok basit makineyi kendisinin denge üzerine yaptığı çalışmalara borçluyuz. İnşaatlarda veya gündelik hayatımızda kullandığımız bir el arabası, taş kaldırmaya yarayan basit bir kaldıraç yahut oltayla balık tutma, hepsi Archimedes'in ortaya koyduğu *kuvvet kuvvet kolu = yük yük kolu* prensibine göre çalışmaktadır. Yine makaralar ve derin kuyulardan su çıkarmaya yarayan çıkırıklar da bu prensibin sonuçlarıdır. Archime-



"Archimedes, bir an bile gecikmeden, sevinçten kendinden geçmiş bir halde banyo küvetinden fırladı ve çıplak vaziyette eve koştu. Yolda çoktandır aramakta olduğu şeyi bulduğunu haykırıyor; koşarken Yunanca 'eureka!' (buldum) diye bağıırıyordu."

des burgusu yahut vidası diyebileceğimiz önemli bir icat ise günlük hayatı kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Bu sistemde döner vida şeklindeki bıçaklar vasıtasıyla su yukarılara taşınabilmektedir. Mısır'da hâlâ ilkel sulama sistemi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca dünyanın ilk sine tını suyu dışarı burğu yöntemiyle atılan vapuruna, Archimedes'in onuruna "SS Archimedes" adı verilmiştir.

Archimedes zihin oyunları oynamayı seven bir nüktedandı. Bunun için sık sık mektuplaşarak veya bizzat oyunlar oynadığı söylenir. Bunlardan birisi Kral Hieron ile girdiği iddiadır. Kral Hieron'a çok büyük kütleleri tek elle hareket ettirebileceğini söyler. Bunu ispat etmesi için Kral ona bir gemi tahsis eder. Archimedes ise kaldıraç ve vida prensiplerini kullanarak gemiyi tek eliyle hareket ettirir. Archimedes *düzlemlerin dengesi*'ni yazdıktan sonra Kral Hieron karşısında

Archimedes düzlemlerin dengesi'ni yazdıktan sonra Kral Hieron karşısında yüzyıllar boyu dillerden düşmeyecek bir mağrurlanmaya imza atmıştır: "Bana bir dayanak noktası verin, Dünya'yı yerinden oynatayım."

yüzyıllar boyu dillerden düşmeyecek bir mağrurlanmaya imza atmıştır: "Bana bir dayanak noktası verin, Dünya'yı yerinden oynatayım."

Çalışmalarını yaparken sürtünme ve diğer dış etkenleri ihmal etmiştir. Bu, modern bir davranıştır. Ayrıca fiziksel problemlere tümdengelimli ve geometrik yöntemlerle yaklaşması da Euclid'den kalan bir mirastır.

## Kral'ın Tacı ve özgül ağırlık

Archimedes'in *Yüzen Cisimler Üzerine* adıyla yazdığı risalesi, hidrostatikğin kanunlarını ortaya koymaktadır. Bu çalışmasında da statik durumları incelemiştir. Ancak bu sefer sıvıların dengesini ele almıştır. Archimedes mekanik sistemlere uyguladığı geometrik analizleri sıvı cisimlere de uygulamış ve hidrostatik biliminin doğuşuna imza atmıştır. Burada kullandığı temel varsayımı, bugün de Archimedes prensibi olarak bildiğimiz: "Bir sıvının içine kısmen veya tamamen daldırılan bir katı cisim, taşıdığı sıvının ağırlığına eşit bir kuvvetle yukarıya doğru kaldırılır." Bu prensibi, I. yüzyılda yaşamış olan Romalı yazar Vitruvius, Archimedes'in banyodayken bulduğunu yazar. Archimedes hamamda, bedenini suya bıraktığında oluşan, suyun üstüne yükselme hissini ve suyun taşıdığını fark etmiştir. Vitruvius şöyle devam eder: "Archimedes, bir an bile gecikmeden, sevinçten kendinden geçmiş bir halde banyo küvetinden fırladı ve çıplak vaziyette eve koştu. Yolda çoktandır aramakta olduğu şeyi bulduğunu haykırıyor; koşarken Yunanca 'eureka!' (buldum) diye bağıırıyordu."

Archimedes bulduğu bu prensibi, taç probleminin çözümünde çok başarılı bir şekilde uygulamıştır. Sirakuza Kralı Hieron, ölümsüz tanrılara adak için, saf altından bir taç yapılması emri verir. Tacın gerçekten saf altından yapıldığına anlamak için Archimedes'e görev verilir. Archimedes'in bu sorunu çözmesi için bazı şartlar da vardır. Bunlar; taç kırılmayacak veya eritilmeyecektir. Archimedes sorunu çözmek için hamamda yaptığı deneye başvurur. Bunun için, taçı suya daldırır. Tacın, aynı ağırlıktaki saf

altınla aynı miktarda suyu taşıması gerekir. Fakat taş daha fazla su taşımıştır. Bu, taca saf altından başka bir maddenin daha karıştırıldığını göstermektedir. Archimedes buradan yola çıkarak "özgül ağırlığı"; "Birim hacimdeki maddenin havadaki ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı" olarak tanımlar.

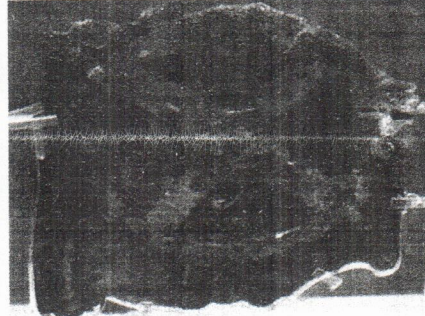
## Planetaryum

Archimedes'in önemli bir mucit olarak görülmesinin sebeplerinden bir tanesi de, gökyüzündeki cisimlerin hareketlerini gösteren planetaryumdur. MÖ. 1. yüzyılda yaşamış olan Romalı Cicero bu planetaryumu görmüştür. Planetaryum olağanüstüydü, der; Ay'ın ve Güneş'in durağan haldeki dünyanın etrafındaki dönüşünü, Ay ve Güneş tutulmalarının zamanlarını doğru bir şekilde veriyordu. Ayrıca bilinen diğer beş gezegen olan; Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün hareketlerini de doğru bir şekilde açıklıyordu. Planetaryum Ovis ve Lactantius gibi yazarlar tarafından da zikrolunmuştur. Ancak, ne yazık ki, planetaryumun çalışma mekanizması hakkında detaylı bir anlatım yoktur. Planetaryum yeni bir hipotez ortaya atmamakla birlikte, karmaşık mekanizması ve içine aldığı yıldızlar küresi ile birlikte:

1. Durgun Dünya etrafındaki gezegenlerin hareketleri,
2. Ay'ın ve Güneş'in ekliptik boyunca yaptığı aylık ve yıllık hareketleri,
3. Güneş ve Ay tutulmalarının doğru zamanlarını tam olarak veriyordu.

## Çok büyük sayılar

Archimedes, Kral Gelon'a *Kum Sayacı* isminde bir risale adamıştır. Bu risalede çok büyük sayıları ifade etmek için kullandığı yöntemi anlatır. Antik Yunan döneminde büyük sayıları ifade etmek çok güçtü. Çünkü sayılar alfabenin harfleri ile ifade ediliyordu. Ancak Archimedes, geometrik kanıtlar vasıtasıyla çok büyük sayıların ifade edilebileceğini söylüyordu. Hatta örnek olarak, sadece arzın kütlesine eşit ağırlıktaki kum tanecikleri değil, bütün evreni dolduracak kadar



*Archimedes'in önemli bir mucit olarak görülmesinin sebeplerinden bir tanesi de, gökyüzündeki cisimlerin hareketlerini gösteren planetaryumdur. Planetaryumda kullanılan mazlemelerden bir örnek...*

kum taneciklerinin sayısının da ifade edebileceğini söylüyordu. Bunu anlatırken, çağdaşı ve kendisi gibi İskenderiye'de çalışma fırsatı bulmuş olan Samoslu Aristarchus'un evrene dair söylediklerinden faydalandı. Evrenin merkezinde dünyanın olduğunu söyleyen astronomlardan bahsetti. "Ancak Samoslu Aristarchus bazı hipotezlerden oluşan kitabında, evrenin şu an söylenegelenen çok daha büyük olduğunu ifade etti. Onun varsayımında sabit yıldızlar ve Güneş hareketsiz, Dünya ise Güneş'in etrafında küresel bir yörüngede dönme teydi." Yine Aristarchus kitabında evrenin büyüklüğünü: "O kadar büyük ki Dünya'nın yörüngesi olarak düşünülen daire, yıldızlara, yıldızlar küresinin merkezine yüzeyi arasındaki mesafe kadar uzaktır." Kum Sayacı'na bu göndermeyle başlayan Archimedes, çok büyük sayıları da geometrik ispatlar yoluyla ifade etti.

Archimedes, geometrik kanıtlar vasıtasıyla çok büyük sayıların ifade edilebileceğini söylüyordu. Hatta örnek olarak, sadece arzın kütlesine eşit ağırlıktaki kum tanecikleri değil, bütün evreni dolduracak kadar kum taneciklerinin sayısının da ifade edebileceğini söylüyordu.

## Archimedes'in sığır problemi

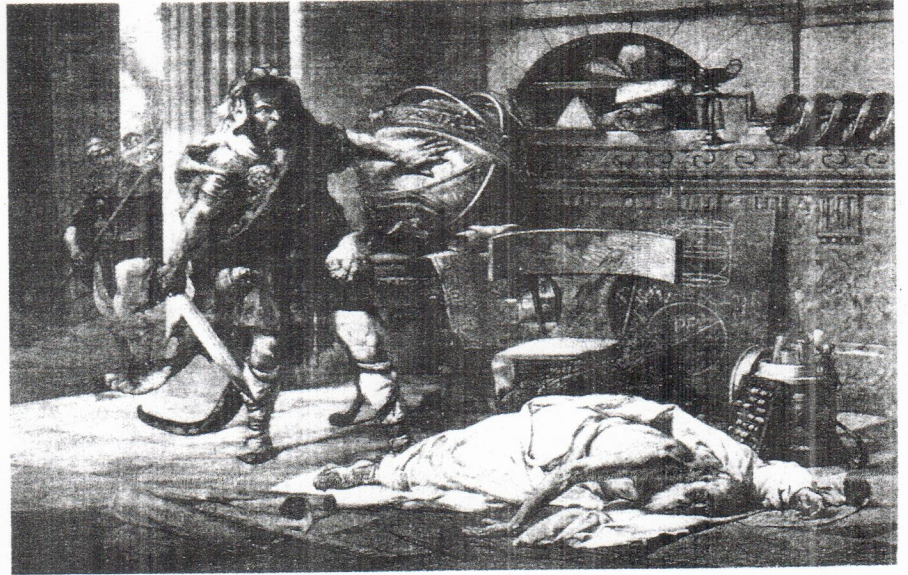
İngilizcede *cattle problem*, Latinceye ise *problema bovinum* olarak çevrilen problemin dilimizdeki en uygun ifade biçimi "Sığır Problemi"dir.(1) Daha önce de belirttiğimiz gibi, Archimedes hem zihin hem de mekanik oyunları oynamayı seven biriydi. Bunun için arkadaşlarına mektuplarla sorular yazdığı rivayet edilir. Almanya'da bulunan ve ilk bakışta bir şiir olduğu anlaşılan el yazmasının da bu şekilde bir Archimedes oyunu olduğu düşünülmektedir. Archimedes, bu şiire şöyle başlar; "Ey yabancı, 4 farklı renkteki sığırların sayısını hesapla." Sonra devam eder. "Beyaz boğalar, siyahların yarısı ve üçte biri ile sarıların toplamına eşit olup..." şeklinde; birinci kısımda 3, ikinci kısımda dört denklem veriyor. Bu şekilde elimizde beyaz, siyah, sarı ve benekli olan dört boğa ve dört inek ile toplam sekiz bilinmeyen ve yedi denklem tarif ediyor. Ayrıca problemi burada da bırakmıyor ve iki tane koşul veriyor. Bunlardan birincisi: Beyaz ve Siyah boğa sayılarının toplamı bir kare sayı versin. İkincisi: Sarı ve Benekli boğaların toplamı bir üçgen sayı versin.(2) Bu iki şartla birlikte denklem Pell denklemlerine indirgenir. Bu denklem, 19. yy başlarında çözülmüştür. Problemin en küçük çözümünde, beyaz boğaların sayısı 1598 rakamının yanına 206541 hane sayı daha gelerek bulunuyor. Yani problemin en küçük çözümünü bir deftere yazarsak, bu sayıyı yazmak için orta boyda 80 sayfalık bir deftere ihtiyacımız var demektir. Archimedes bu problemi çözdü mü? Yoksa sadece sordu mu? Elimizdeki kaynaklardan bunu bilemiyoruz. Bize şu anda bile çok zor gelen bir problemi çözme becerisini Archimedes daha MÖ 3. yy'da gösterebilmiş midir? Açıkçası ileri Yunan bilimini ve özellikle de Archimedes'in dehasını düşününce, bu problemin içinden çıkabilmiş olması da hiç şaşılacak bir sonuç olmasa gerek.

## Sirakuza Savunması ve Archimedes'in Yakan Aynaları

Antik Yunan ve Roma tarihçileri, MÖ 212 yılında Sirakuza'nın, Claudius Mar-

cellus yönetimindeki orduyla kuşatılması sırasında, Archimedes'in üstün mühendislik başarıları gösterdiğini yazarlar. Bunlardan ilki, dev kerpetendir. Bu kerpetenin sahile yaklaşan gemileri pruvasından yakaladığı ve güçlü çarklarıyla parçaladığı söylenir. Ayrıca, yaptığı mancınıklar ve uzun menzilli oklar sayesinde, Roma gemileri daha sahile gelemeden, üzerlerine yağın taş ve oklarla parçalanmış ve batırılmıştır. Bu mekanizmalar kaldıraç mekanizmasının temel prensipleriyle çalışır. Bu icatların kuşkusuz ki en dikkat çekeni Archimedes'in Yakan Aynaları'dır. MS II. yüzyılda yaşayan yazar Lucian, Sirakuza savaşını anlatırken Archimedes'in Yakan Aynaları'ndan ve onların Roma donanmasını yaktığından bahsetmektedir. Bu icadında güneş ışınlarını bir noktaya odaklayarak yüksek ısılarla ulaşmayı başarmıştır. Bu iddia hala tartışma konusudur. Hatta René Descartes ve Kepler gibi bazı bilimcilere göre, bu anlatılanlar yalnızca birer masaldır. Archimedes'in yakan aynaları tarihteki birçok yazar tarafından anlatılmıştır. Archimedes'in böyle aynalar yapmış olup olamayacağı konusu bir takım denemelere konu olmuştur. 2005 yılında MIT'den bir grup öğrenci Archimedes'in yakan aynalarının bir benzerini yapmaya çalışmıştır. Kenar uzunluğu 30 cm olan aynalardan bir sistemin yapıp 100 metre ilerideki odundan yapılmış sahte bir gemiye yansıtılmıştır. Bulutsuz havada ve on dakikalık bir süre içinde geminin bir parçasında alevler çıkmıştır.

MS II. yüzyılda yaşayan yazar Lucian, Sirakuza savaşını anlatırken Archimedes'in Yakan Aynaları'ndan ve onların Roma donanmasını yaktığından bahsetmektedir. Bu icadında güneş ışınlarını bir noktaya odaklayarak yüksek ısılarla ulaşmayı başarmıştır. Bu iddia hala tartışma konusudur.



Archimedes kumun üzerine çizdiği çemberin üzerinde çalışırken, Romalı asker çemberlerinin üzerine ayağını bastı. Onun da, bu olay üzerine Romalı askerin ayağına elindeki çubuğu vurduğu ve "çemberimi bozma" diye haykırdığı anlatılır.

2006'da ikinci kez MIT öğrencileri tekrar denemişlerdir. Bu sefer model yerine gerçek bir bot kullanmışlar, ancak bu denemelerde yetersiz zaman ve olumsuz hava koşulları dolayısıyla deneme başarısız olmuştur. Deneylerde düzlem aynalar kullanılmıştır. Archimedes'in ne tür bir ayna kullandığıysa bilinmemektedir. Ancak bazı yazarlar parabolik yansıtıcılar kullandığını yazmışlardır. Konu ile ilgili kesin bir hüküm vermek doğru olmasa da, Archimedes'in hem mühendislik hem de geometri yetenekleri göz önüne getirildiğinde, yakan aynaları yapmış olması muhtemeldir.

### Çemberlerimi bozmayın

Sirakuza, MÖ 212 yılında Marcellus komutasındaki Roma ordusu tarafından zapt edildi. 3 yılı aşan kuşatma böylelikle başarı ile sonuçlandı. Yaptığı işe kendini vermek ve bunun dışında başka bir şeyle ilgilenmemek gibi bir özelliği olan Archimedes, şehrin gürültüsünü duymadı, hatta evine giren Romalı askeri bile fark etmedi. Kumun üzerine çizdiği çemberin üzerinde çalışırken, Romalı asker çemberlerinin üzerine ayağını bastı. Onun da, bu olay üzerine Romalı askerin ayağına elindeki çubuğu vurduğu ve "çemberimi bozma" diye haykırdığı anlatılır. Zaten son sözü de bu olmuştur. Archimedes, her ne kadar fiziksel dünyayı

yerinden oynatamasa da bilim dünyasını yerinden sarsmıştır. Matematiksel fiziğin doğuşuna imkân sağlamış ve günümüze kadar gelen başarılı teoremlere imza atmıştır. Belki de çağının en özgün çalışmalarını yapmıştır. Mezarına, yaşarken en çok övüldüğü "küre ile etrafına sarılı olan silindirin alanları oranı 3:2'dir" ispatı kazanmıştır. Cicero bunu gördüğünü söylemektedir. Ancak, şu ana kadar bu mezar taşına rastlanmamıştır.

#### Dipnotlar

- 1) Bu konuda bilgisine başvurduğum Prof. Dr. Cem Tezer'e müteşekkirim.
- 2) Kare Sayı: Sonucu tam kare olan sayılardır. 1,4,9,16... gibi. Üçgen Sayı: Sonucu n sayısı 1'den sonsuza kadar giden herhangi bir sayı olmak üzere'ye üçgen sayı denir.

#### Kaynakça

- 1) Freely, J., Alaaddin'in Lambası: Yunan Bilimi İslam Dünyası Üzerinden Avrupa'ya Nasıl Ulaştı (2010), çev. Nurşan Üstüntaş. Şenocak.
- 2) Heath, T., L., The Works of Archimedes(1912), Cambridge.
- 3) Jeanne Bendick, Archimedes and The Door of Science(1995), Bethlehem Books.
- 4) W.E.Pearce, School Physics(1961), G.Bell and Sons.
- 5) [http://web.mit.edu/2.009/www/experiments/deathray/10\\_Mythbusters.html](http://web.mit.edu/2.009/www/experiments/deathray/10_Mythbusters.html) (Yakan ayna denemeleri için)
- 6) <http://www.math.nyu.edu>