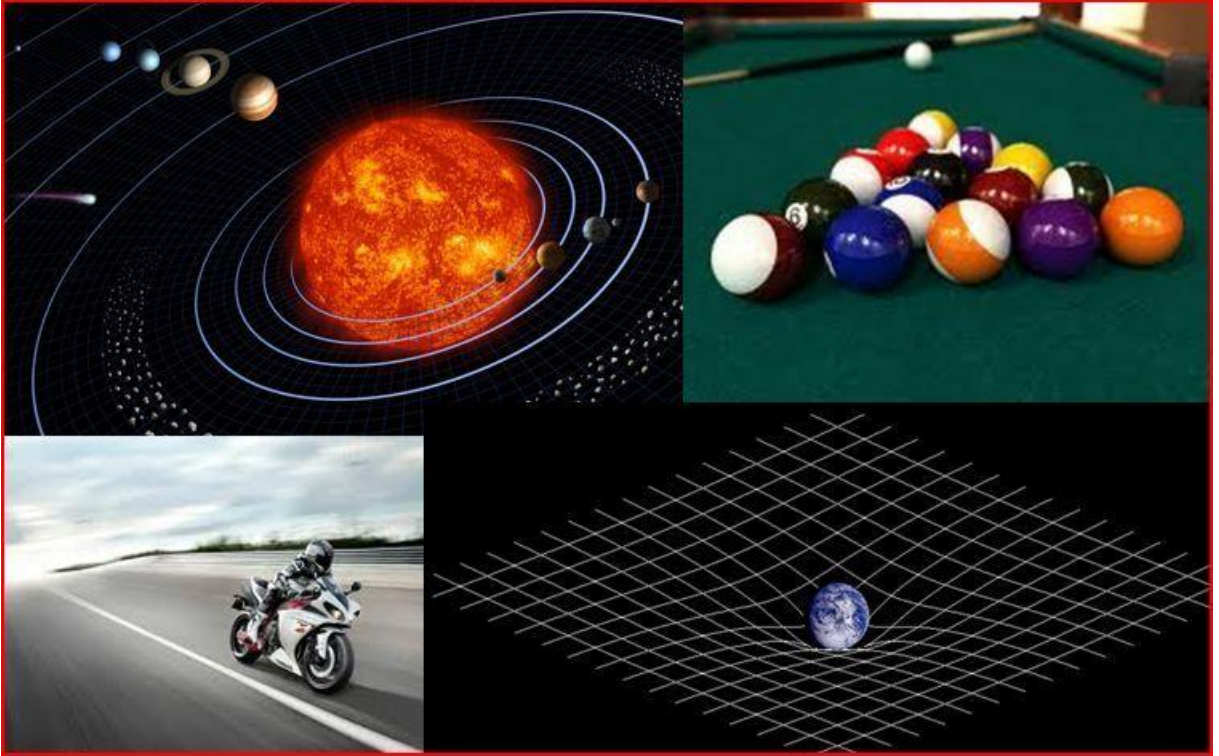




ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN - EDEBİYAT FAKÜLTESİ
DERS NOTU



MEKANİK LABORATUVARI



ADANA – 2020

İKİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ

2010 yılında Arş. Gör. İlker ÖZŞAHİN, Arş. Gör. Gönül AKÇA, Ali ÇETİNKAYA, Şevket ŞİMŞEK, Ayşe AKYOL, Deniz TAKCI, Birsen KESİK ve Gülay ALTINDEMİR tarafından hazırlanan Mekanik Laboratuvarı deney föyü tekrar gözden geçirilerek düzenlenmiştir. Laboratuvar dersini alan öğrencilerin daha kolay anlayacağı ve kullanacağı şekilde ikinci baskı hazırlanmıştır. Deneylerin amacı öğrencilerin teorik olarak gördükleri konuları deneyerek gözlemlerini sağlamak, olası hata kaynaklarına dikkat çekmektir.

Föylerin yeniden hazırlanması Prof. Dr. Ayşe Polatöz koordinatörlüğünde Fizik Bölümünün bütün öğretim elemanlarının katkısı ile yapılmıştır. Bu föylerin tamamı ilgili bölümden sorumlu öğretim elemanları tarafından ayrıca İngilizceye de çevrilmiştir. En sonunda bütünlüğü sağlamak açısından bütün deney föyleri Metin Özdemir tarafından okunarak gerekli düzenleme ve düzeltmeler yapılmıştır.

Eylül 2020, Adana

Prof. Dr. Metin Özdemir

ÖNSÖZ

Temel bilimlerin deneysel çalışma olmadan gerçeklik kazanması düşünülemez. Fizik öğrenmek, doğayı anlamak, ancak deneyle mümkündür. Fizikteki kuramlar ancak deney yapılarak doğrulanabilir. Bazen deney kuramın önüne de geçebilir, bu nedenle deney bilimi geliştiren temel unsurlardan birisidir.

Mekanik laboratuvarı birinci sınıf öğrencilerinin alması gereken fizik laboratuvarıdır. Bazı deneyler gösteri deneyi şeklinde ve günlük yaşantınızdan örneklerle dolu olacak, böylece temel fizik yasalarının uygulamalarını öğreneceksiniz.

Yapacağımız deneylerde birçok elektronik ölçüm aletleri, devre elemanları ve elektriksel güç kaynakları kullanacaksınız. Bu nedenle hem deney araç ve gereçlerini özenli kullanmanız, hem de bu deney aletlerini sizden sonra gelecek öğrencilere sağlam bir şekilde devretmeniz büyük önem taşımaktadır. Dersten yüksek verim almak için bilinçli deney yapmak çok önemlidir. Yapacağınız deney için mutlaka ön çalışma konusunu okuyup gelmeniz ve konu ile ilgili soruları yanıtlamak için çeşitli kaynaklardan faydalanarak hazırlık yapmanız gerekmektedir. Deneyi sadece aletlerle değil, mutlaka düşünerek ve sorgulayarak yapınız.

Fiziksel kavramları özümstedikçe ve bu yasalar arasında bağlantı kurmaya başladıkça, çevrenizde gerçekleşen olayları yorumlayabildiğinizi ve bunun size ne kadar büyük bir zevk verdiğini keşfedeceksiniz. İşte o zaman fen okuryazarı olacak ve öğrendiğiniz, öğreneceğiniz, yaptığınız ve yapacağınız şeylere değer vereceksiniz.

Adana, Ağustos 2010

Prof. Dr. Yüksel UFUKTEPE

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
EMEĞİ GEÇENLER	4
MEKANİK LABORATUARINA GİRİŞ	
Mekanik Laboratuarında Uyulması Gereken Kurallar	5
Ölçme, Belirsizlik (hata), Hassasiyet ve Anlamalı Rakamlar	6
Grafik Çizme	10
Hesap Makinesi Kullanımı:	13
Hava Masasına Giriş	14
1. DENEY: KUVVET MASASI	
2. DENEY: DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET	
3. DENEY: SABİT İVMELİ HAREKET	
4. DENEY: EĞİK ATIŞ	
5. DENEY: YERÇEKİMİ İVMESİNİN ÖLÇÜLMESİ	
6. DENEY: ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMA	
7. DENEY: DÖNEM SONU GÖSTERİ DENEYLERİ	

EMEĞİ GEÇENLER:

Deney Adı	Sorumlu Öğretim Üyesi	Görevli Arş. Gör. / Öğr. Gör.
Giriş	Prof.Dr. Faruk KARADAĞ	Arş.Gör. Dr. Gönül AKÇA
Kuvvet Masası	Prof.Dr. Zehra YEĞİNGİL	Arş.Gör. Volkan ALTUNAL
Düzgün Doğrusal Hareket	Prof.Dr. Bekir ÖZÇELİK	Arş.Gör. Dr. Mehmet GÜRSUL
Sabit İvmeli Hareket	Prof.Dr. Eda EŞKUT	Arş.Gör. Dr. Mehmet GÜRSUL
Eğik Atış	Prof.Dr. Hamide KAVAK	Arş.Gör. Dr. Z. Gizem PORTAKAL UÇAR
Yerçekimini ivmesinin Hesaplanması	Prof.Dr. Aysun AKYÜZ	Arş.Gör. Dr. Sibel AKÇA ÖZALP
Esnek ve Esnek Olmayan Çarpışma	Prof.Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU	Arş.Gör. Dr. Z. Gizem PORTAKAL UÇAR
Dönem Sonu Gösteri Deneyleri	Prof.Dr. İsa DUMANOĞLU	Arş.Gör. Dr. Doğan ÖZASLAN

1. Mekanik Laboratuvarında Uyulması Gereken Kurallar

1. Her deneyin başında deney ile ilgili bilgiler verildiğinden laboratuvar dersine zamanında katılmak önemlidir. Derslere, başlangıç saatinden 15 dakikadan daha geç gelen öğrenciler, o laboratuvar çalışmasına alınmaz.
2. Her öğrenci çeşitli şekillerde (internette, ders saatinde, panolarda vs.) öğrencilere ilan edilecek gruplarla birlikte derslere katılmalıdır. Önemli bir gerekçe olmadığı sürece grup değişikliği yapılmaz.
3. Öğrenciler laboratuvar ders notlarına fizik bölümünün internet sayfasından (<http://fizik.cu.edu.tr>) ulaşabilirler. Öğrenciler laboratuvara gelirken yapacağı deneye ait ders notlarının çıktısını getirmekle yükümlüdür. Ders notları olmayan öğrenciler söz konusu laboratuvar dersine kabul edilmez.
4. Öğrencilerin devamsızlıkları, bir dönemdeki toplam deney saatlerinin %20'sinden fazla olamaz. Mazeretsiz olarak %20'den fazla devamsızlık yapan öğrenciler laboratuvar dersinden veya dersin laboratuvar kısmından devamsızlık nedeniyle başarısız sayılırlar.
5. Her öğrenci o gün yapacağı deneyi kavrayabilmek, deneyi sağlıklı ve hızlı bir şekilde yapabilmek için laboratuvara hazırlıklı gelmelidir. Föyünüzde o haftaki deneyle ilgili "Ön Çalışmalar" kısmını okuyup size yönlendirilen soruları doldurmanız gerekir. Her hafta yapacağımız deneylerle ilgili olarak derse başlamadan önce küçük bir sınav (quiz) yapılacaktır. Doldurduğunuz ön çalışmalar kısmını ve yapılan sınav her deneyin başında laboratuvar görevlileri tarafından kontrol edilir ve o deneye ait rapordan alacağınız nota belirli oranlarda etki eder.
6. Öğrencilerin dönem sonunda alacağı ders notuna, deney başlangıcında yapılacak küçük sınavlar, deney esnasındaki performansı, deney rapor notları, ara sınav notu ve dönem sonunda yapılacak final sınavı notu belirli oranlarda etki edecektir. Bu oranlar dönem başında laboratuvar görevlileri tarafından sizlere duyurulacaktır. (**Önemli Not:** Deneyleri dersin parçası olarak alan öğrencilerin değerlendirilmesi farklı olacaktır. Bu öğrenciler için dersin lab kısmı için ara sınavı ve final sınavı yapılmayacaktır. Sadece küçük sınavlar ve lab raporlarından alınan notlar kullanılarak devamı sağlayanlar için dönem sonu notu hesaplanacaktır. Bu not belirli bir değerin altında ise öğrenci dersin teorik kısmından aldığı notlara **bakılmaksızın** bu dersten başarısız sayılacaktır.)
7. İlk ders saatinde, dönem boyunca kullanacağınız deney araç ve gereçlerinin kullanım amacı ve nasıl kullanılacağı sizlere gösterilecektir. Deneylerde, elektrik gerilimi küçük ve çabuk zarar görebilen devre elemanları ve hassas düzenekler mevcuttur. Bu nedenle kullanacağınız deney aletlerine zarar vermemek için, deney düzenliğini dikkatli bir şekilde kurduktan sonra devreye güç vermeden laboratuvar görevlilerine devreyi kontrol ettirmeniz çok önemlidir.
8. Her öğrenci deneyi bitirdikten sonra deney föyünde bulunan rapor kısmını ders saati içinde dolduracak ve ders saati sonunda laboratuvar görevlilerine teslim edecektir. Bu nedenle her öğrencinin deneye gelirken o deneyle ilgili getirmesi gereken hesaplama ve ölçüm araçlarını yanında bulundurması gerekir.

9. Laboratuvar görevlileri tarafından gerekli görülürse, belirlenen bir günde belirli sayıda deney için, mazeretli öğrencilere telafi hakkı verilir.

2. Ölçme, Belirsizlik (hata), Hassasiyet ve Anlamlı Rakamlar

Etrafımızdaki dünyayı anlamak için yapılan araştırmalarda bilim insanları ölçülebilen fiziksel nicelikler arasındaki ilişkiyi bulmak ister. Ölçümler fiziğin önemli bir kısmıdır fakat hiçbir ölçüm mutlak kesinlikte değildir. Her ölçüme bağlı belirsizlikler vardır. Belirsizlik, ölçümü yapan kişinin hatası, ölçüm aletinin hassasiyetinin sınırlı olması, çevre koşulları gibi bir çok farklı nedenden kaynaklanabilir.

Örneğin bir tahta parçasının genişliği ölçülürken, en küçük bölmesi 1 mm olan bir cetvel kullanılıyorsa, sonucun ancak 1 mm kadar duyarlı olduğu iddia edilebilir. Tahtanın genişliği 5.6 cm olarak bulunduğunda, sonuç 5.6 ± 0.1 cm olarak ifade edilebilir. Buradaki 0.1 belirsizliktir. Bunun anlamı, genişlik 5.5 cm ile 5.7 cm arasında bir değere sahiptir demektir.

Bazı durumlarda ölçülen değerdeki belirsizlik açıkça belirtilmemiş olabilir. Bu durumda belirsizliğin genellikle en son basamaktaki bir veya birkaç birime eşit olduğu varsayılır. Örneğin uzunluk 5.6 cm olarak verilmişse, belirsizliğin 0.1 cm veya 0.2 cm olduğu farz edilebilir. Eğer 5.6 yerine 5.60 yazılmışsa bu belirsizliğin 0.01 cm olduğu anlamına gelir. Yani gerçek değer 5.5 ile 5.7 arasında olduğu bilinmesine rağmen, onun muhtemelen 5.59 ile 5.61 arasında olduğu ifade edilmiş olur. Bir sayının, güvenilirliği bilinen rakamlarının sayısı, anlamlı rakam sayısı olarak adlandırılır.

Örnekler

5327 sayısında, 4 anlamlı rakam vardır

0.035 sayısında 2 anlamlı rakam (soldaki sıfırlar sayılmaz)

50.0 sayısında 3 anlamlı rakam vardır (sağdaki sıfırlar ise sayılır).

2.1 Hesaplamalarda anlamlı rakamlar

Ölçüm ya da hesap yaparken en son hesaplanan değerde, kullanılan sayılarda geçerli olandan daha fazla anlamlı rakam bulundurma isteğinden kaçınılmalıdır. Bu yüzden hesaplama yaparken belirsizliklerin ayrıntılı bir biçimde düşünülmediği durumlarda kaba olarak geliştirilmiş genel bir kural vardır.

- Çarpma ya da bölme işlemi yapılırken sonuçtaki anlamlı rakam sayısı yapılan hesaplamada kullanılan **en az anlamlı rakama sahip olan sayıdaki kadar** olmalıdır.
- Toplama ve çıkarma işlemlerinde sonuçtaki ondalık basamak sayısı toplamdaki herhangi bir terimin **en küçük ondalık basamak sayısına** eşit olmalıdır.

Alıştırma 1: Örneğin dikdörtgen biçimindeki tarlanın çevresini ve alanını ölçmek istediğimizi varsayalım. Tarlanın uzun kenarı 38.44 m, kısa kenarı ise 19.5 m olsun. İlk olarak çevresini hesaplayalım.

$$\text{Çevre} = 38.44 + 38.44 + 19.5 + 19.5 = 115.88 \text{ m}$$

Bu cevaptaki hassasiyet 0.01 m'dir. Fakat gerçek cevabın 0.01 m hassasiyette olmadığı açıktır çünkü hesaplamada daha az hassasiyete sahip sayılar kul-

lanılmıştır. Cevabın en fazla 0.1 m veya 0.2 m belirsizlikle 115.9 olduğunu söyleyebiliriz.

Şimdi bu tarlanın alanını hesaplayalım.

$$\text{Alan} = 38.44 \times 19.5 = 749.58 \text{ m}^2$$

Elde edilen sonuçta beş adet anlamlı rakam vardır. Çarpılan sayıların birinde dört, diğerinde ise üç anlamlı rakam bulunmaktadır. Bu sayı, anlamlı rakamlarla çarpma işlemi kuralı hatırlanarak, en fazla üç anlamlı rakama sahip olmak üzere 750'ye yuvarlanmalıdır.

2.2 Yuvarlama: Yuvarlama, en küçük anlamlı sayının sağındaki sayı beşe eşit veya beşten büyükse en küçük anlamlı rakamın değeri bir arttırılır. Örneğin, anlamlı rakam sayısı iki olacak şekilde 7.54 sayısı yazılmak istenirse, 4 sayısı atılarak 7.5 yazılır. Eğer 7.55 sayısı iki anlamlı rakama sahip olacak şekilde yazılmak istenirse yuvarlanarak 7.6 yazılır.

2.3 Doğruluk ve Hassasiyet: Doğruluk genel olarak ölçülen değer gerçek değerine ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsüdür. Hassasiyet ise aynı şartlar altında tekrarlanan bir ölçümde ölçülen değerlerin birbirlerine ne kadar yakın olduklarının bir ölçüsüdür. Bu iki kavram sık sık karıştırılır ve her ne kadar bazen aynı anlamda kullanılırsa da ikisi aynı şey değildir. Bir ölçümün hassas olması sonucun doğru olduğunu göstermez. Bir ölçüm doğru olabilir, hassas olabilir, hem doğru hem hassas olabilir veya her ikisi de olmayabilir.

Soru 1: 4.5 cm ve 3.25 cm'lik kenarlara sahip bir dikdörtgenin alanı hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

a) 14.625 cm^2

b) 14.63 cm^2

c) 14.6 cm^2

d) 15 cm^2

2.4 Bilimsel Gösterim

Yaygın olarak sayılar 10'un kuvveti olarak yazılır, buna bilimsel gösterimle yazma denir. Örneğin 36,900 sayısı 3.69×10^4 olarak, 0.0021 sayısı ise 2.1×10^{-3} olarak yazılır. Bilimsel gösterimin bir avantajı, anlamlı rakam sayısını açıkça ifade etmesidir. 36,900 sayısının kaç anlamlı rakama sahip olduğu açık değildir. 10'un kuvvetleri şeklinde yazılırsa bu belirsizlikten kurtulmak mümkün olabilir. 3.69×10^4 sayısının 3 tane, 3.690×10^4 sayısının da 4 tane anlamlı rakamı vardır.

Soru 2: Aşağıdaki sayıların her birini bilimsel gösterimle yazınız ve anlamlı rakam sayılarını belirtiniz.

a) 0.0258 =

b) 42,300 =

c) 344.50 =

Alıştırma 2: Şimdi kenar uzunlukları $a = 3.1$ cm, $b = 119.2$ cm ve $c = 0.5$ cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki bir cismin yüzey alanları toplamını ve hacmini hesaplayalım.

$a = 3.1$ cm (2 anlamlı rakam)

$b = 119.2$ cm (4 anlamlı rakam)

$h = 0.5$ cm (1 anlamlı rakam)

Not: Anlamlı rakam sayısını elde etme işlemi, üç çarpma işlemi yaptıktan sonra çarptığınız üç sayı arasında en az anlamlı rakama sahip olan sayının anlamlı rakam sayısına göre yapınız.

Önce prizmanın hacmini hesaplayalım:

$$V = 3.1 \times 119.2 \times 0.5 = 369.52 \times 0.5 = 184.76 \text{ cm}^3 \text{ (5 anlamlı rakam)}$$

Çarpılan sayılar içinde en az anlamlı rakama sahip sayı sadece 1 anlamlı rakama sahiptir, bu nedenle sonuç 1 anlamlı rakam içermelidir ve buna uygun yuvarlama yapılmalıdır; 184.76 sayısında "1" rakamından bir önceki rakam (8), 5'ten büyük olduğu için "1" rakamı "2" rakamına yuvarlanır. Sayının değerini korumak için, sayı 1 anlamlı rakam içerecek biçimde üstel şekilde yazılır. Sonuç

$$V = 2 \times 10^2 \text{ cm}^3$$

olur. Şimdi yüzey alanlarının toplamını hesaplayalım:

$$YA = 2(ab + bc + ac);$$

$$a \times b = 3.1 \times 119.2 = 369.52 \text{ (5 anlamlı rakam)}; a \times c = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

$$b \times c = 119.2 \times 0.5 = 59.6 \text{ (3 anlamlı rakam)}; b \times a = 119.2 \times 3.1 = 369.52 \text{ (5 anlamlı rakam)}$$

$$a \times h = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)}; a \times c = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

$$YA = 2(3.6 \times 10^2 + 0.6 \times 10^2 + 3.7 \times 10^2) = 1.6 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

Böyle işlemlerde toplama yapabilmek için 10'un kuvveti şeklindeki çarpanlar aynı olmalı. Ayrıca bir sayı sabit bir sayıyla çarpılırsa, anlamlı rakam sayısı değişmez.

2.5 Birimler ve SI Birim Sistemi

Fizik yasaları temel büyüklükler cinsinden ifade edilir. Ölçme; birim kullanılarak bir büyüklüğün rakamlarla ifade edilmesidir. Bütün fiziksel ölçümleri tanımlamak için gerekli sadece 7 temel fiziksel temel birim vardır. Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Mekanikte üç temel büyüklük vardır. Bunlar uzunluk (L), zaman (T) ve kütle (M) dir. Bugün dünyada kullanılan iki temel ölçüm sistemi vardır. Bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Uluslararası Birim Sistemi (Fransızca: *Système international d'unités*, kısaca SI/ MKS)'dir. Temel olarak Birleşik Devletlerde kullanılan ikinci sistem İngiliz Sistemidir (CGS).

Nicelik	Birim	Sembol
Uzunluk	Metre	m
Zaman	Saniye	s
Kütle	Kilogram	kg
Elektrik Akımı	Amper	A
Sıcaklık	Kelvin	K
Madde Miktarı	Mol	mol
Işık Şiddeti	Kandil	cd

Not: Kütle birimi 19 Mayıs 2019 tarihinde toplanan Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi tarafından Planck sabitinin (h) sayısal değerinin $J \cdot s$ ($J \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$) birimi cinsinden $6.62607015 \times 10^{-34}$ değerine eşit seçilmesiyle tanımlanmıştır. Yeni tanımla beraber kütle birimi kilogram fiziksel bir sabit üzerinden tanımlanarak daha kararlı hale gelmiştir. Böylece yeni kütle birimi zaman ve uzunluk temel birimlerine de bağlı hale gelmiş oldu.

2.6 Birimlerin dönüşümü

Çoğunlukla bir nicelik belli bir birim sisteminde verilir ama biz onu başka bir birim sisteminde ifade etmek isteriz. Örneğin bir masayı 21.5 inç genişliğinde ölçtüğümüzü ve bunu santimetre ile ifade etmek istediğimizi varsayalım. Bu durumda şu işlemi yapmak gerekir:

$$1 \text{ inç} = 2.54 \text{ cm}$$

$$21.5 \text{ inç} = 21.5 \cancel{\text{ inç}} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{ inç}}} = 54.6 \text{ cm}$$

Alıştırma 3:

1) 57.5 cm kaç m'dir?

$$57.5 \cancel{\text{ cm}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \cancel{\text{ cm}}} = 0.575 \text{ m}$$

2) $5 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ kaç $\frac{\text{km}}{\text{sa}}$ 'dır?

$$5 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ sa}} = 18 \times 10^{-7} \frac{\text{km}}{\text{sa}}$$

3. Grafik Çizme

Grafikler, deney verilerinin iki boyutlu olarak görsel hale getirilmesiyle veriler arasındaki ilişkinin daha net görülebildiği çizimlerdir. Grafikler ayrıca bazı durumlarda yapılmayan deneylerin de tahmin edilebilmesine olanak sağlar. Örneğin bir cismin 0-100 s aralığında her 10 saniyede bir konumu ölçülmüş olabilir. Bu veriler kullanılarak örneğin 25. saniyede veya 110. saniyede parçacığın konumu tahmin edilebilir. Birincisi bilinen iki veri değeri (20. ve 30. s) arasındaki bir değeri (25. s) tahmin etmek olduğundan bu işlem **interpolasyon** olarak bilinir. İkinci durumda ise ölçülen değerlerin *dışında* bir noktada tahmin yapıldığından işlem **ekstrapolasyon** olarak bilinir.

Verilerin düzenlenmesinde, yorumlanmasında ve sunulmasında grafikler kolaylık ve anlaşılabilirlik sağlar. Grafiklerin kullanımı sadece fen ve matematikle ilgili alanlarla kısıtlı olmayıp, sosyal ve ekonomi ile ilgili alanlarda da önemli bir yer tutmaktadır.

3.1 Grafik Çizerken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Grafik Alanı ve Eksenler

- Grafik kâğıdının uygun görülen miktarı kullanılır.
- Grafik kâğıdına yatay ve dikey eksenler birbirine yakın ölçülerde cetvelle çizilir. Aksi belirtilmedikçe, yatay eksen **bağımsız** değişken, dikey eksen ise **bağımlı** değişken verilerini göstermelidir.
- Eksenlerin uçlarına ok çizilir ve ilgili değişkenin **adı veya sembolü ile birimi yazılır**. Gerekli takdirde, eksenin başına birim yazılırken, değerler uygun bir katsayı ile çarpılmışsa bu değer çarpım olarak birimin yanına yazılır.
- Eksenler, tablodaki ilgili değişkenin aldığı en yüksek ve en düşük değer göz önünde bulundurularak bölmelendirilmelidir. Eksenlerin kesiştiği nokta genellikle sıfır (0) olarak alınır.
- Eksenlerin bölmelendirilmesi eşit aralıklı olmalıdır. **Tablodaki değerler eksenlere yazılarak belirtilmez. Sadece ana bölümlerin değerleri eksenlere yazılır.** Ancak iki eksen birbirinden bağımsız düşünülebilir. Yani bir eksenindeki bölmelendirme ve aralık genişliği, diğer eksen için de aynı olmak zorunda değildir.

3.2 Verilerin Grafik Alanına Yerleştirilmesi ve Grafiğin Çizimi

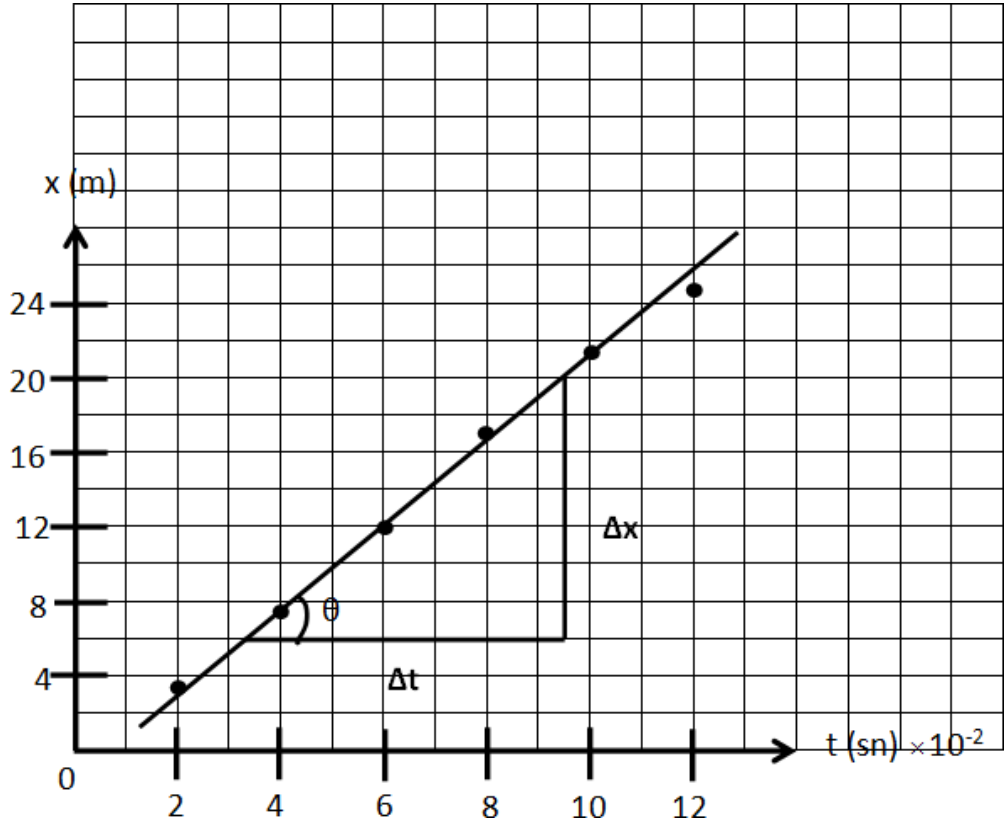
- Eksenlerin üzerinde birbirinin karşılığı olan değerler bulunur ve gözle takip edilerek çakıştıkları nokta işaretlenir. Deneysel noktayı tespit ederken noktanın eksenlere olan uzaklıkları (izdüşümleri) çizilmez.
- Tüm deneysel noktalar tespit edildikten sonra, noktaların oluşturduğu desen doğrusal ise, cetvel ile tüm noktalar birleştirilir; doğrusal değilse noktalar keskin olmayan tek bir çizgi ile birleştirilir. Çizilen doğrunun uzantısı orijinden geçiyorsa, orijinle birleştirilir.
- Doğrusal grafiği çizerken bütün noktalardan geçen bir grafik varsa, bu çizilecek en kesin (doğru) grafikdir. Eğer bütün noktalardan geçen bir doğru yoksa, en çok noktadan geçecek grafik çizilmelidir ve çizilen grafiğin üstünde ve altında eşit sayıda nokta bulunmalıdır veya doğrunun üstünde ve altında kalan noktaların doğruya olan dik uzaklıklarının toplamı eşit olacak şekilde çizim yapılmalıdır.

- Bir deneysel nokta diğerlerinin davranışından çok farklı ve diğerlerinden çok uzak değerlere sahip ise bu nokta grafikte göz ardı edilebilir.

Alıştırma 4: Aşağıdaki tabloda bir parçacığın konum-zaman değerleri verilmiştir. Zaman saniye, konum metre cinsinden ölçülmüştür. Burada zaman bağımsız, konum ise bağımlı değişkendir. Bu verilerin grafiğini çizelim.

Yol (x) (m)	Zaman (t) (s)
3.3	0.02
7.5	0.04
12.0	0.06
17	0.08
21.5	0.1

Aşağıdaki grafikte olduğu gibi verilerin değerleri belirli bir oranda büyütülmüş veya küçültülmüşse, bu oran çarpım olarak ilgili eksen de belirtilmelidir. Aşağıdaki örnekte yatay eksen deki verilerin gerç ek değerinin 10^2 katı grafiğe yerleştirildiği için, bu eksenin yanına çarpım olarak 10^{-2} yazılmıştır. Düşey eksen de herhangi bir çarpan kullanılmasına gerek kalmamıştır. Genel kural olarak eksenlerde çok küçük veya çok büyük sayıların olmamasına dikkat etmekte fayda vardır. Dikkat edilirse grafiğin eğimi de bulunabilir. Eğim bulunurken deneysel noktaların değerleri değil **çizilen doğru üzerindeki noktalar** kullanılır ve zaman eksenindeki değerler eğim formülünde yerine yazılırken 10^{-2} çarpanı da hesaba katılmalıdır.

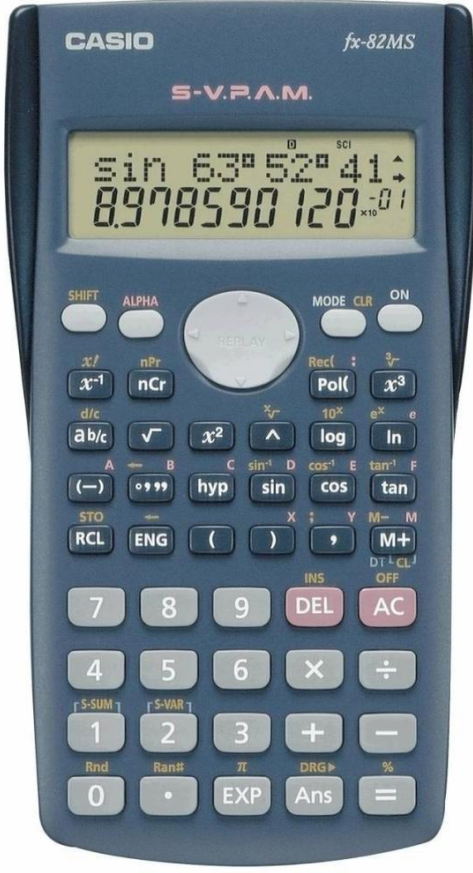


Şekil 1

Doğrunun eğimi aşağıda verildiği gibi hesaplanabilir.

$$\tan \theta = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 - 6}{(9.5 - 3.4) \times 10^{-2}} = \frac{14}{6.1 \times 10^{-2}} = 2.3 \times 10^2 \text{ m/s}$$

4. Hesap Makinesi Kullanımı:



Şekil 2

Hesap makinesini kullanırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Örneğin yandaki resimde, ekrandaki sonuç nasıl yazılmalıdır? Noktadan sonraki bütün sayıların anlamlı olmadığı açıktır. Bu durumda işlemdeki sayıların anlamlı rakamlarını dikkate alarak uygun sonuç yazılmalıdır. Fakat her işlemde bunu dikkate alamayabiliriz. Dolayısıyla noktadan sonra bir veya iki rakam yazmak uygun olur. Ayrıca sayının sağ üst köşesindeki çarpmanı da dikkate almalıyız. Bu çarpım 10'un kuvveti olarak yazılmalıdır. O zaman bu örnekte yazılacak sayı 8.98×10^{-1} veya 9.0×10^{-1} olmalıdır.

Hesap makinelerinde sık sık kullanılan fonksiyonlardan biri de 'shift' veya 'inv' tuşudur. Shift (veya inv) tuşuna basıldıktan sonra başka bir tuşa basılırsa, o tuşun üzerindeki fonksiyon aktif hale geçer. Örneğin hangi açının sinüsünün 0.67 olduğu hesaplanmak isteniyorsa, \sin^{-1} fonksiyonunu kullanmamız gerekir. Bunun için de önce shift tuşuna, sonra sin tuşuna basıp daha sonra da 0.67 değerini yazmak gerekir.

5. Hava Masasına Giriş¹

Deneylerin çoğunda kullanılacak olan hava masası, metal disklerin sürtünmesiz bir yüzeyde hareket etmesini sağlar ve sürtünmesiz ortamda ark kayıt tekniği ile hareket halindeki cismin konumunun zamanın bir fonksiyonu olarak kaydedilmesine (işaretlenmesine) izin verir. Hava masası, düz (cam) tabla, ark kronometresi, metal diskler ve hava kompresörü olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır.

➔ **Cam Tabla:** Metal disklerin serbestçe hareket edebileceği pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. **Elektriksel olarak** iletken karbon kağıdı, deney veri kağıdı ile cam tabla arasına konur ve böylece konum-zaman ölçümleri için her ark, deney veri kağıdı üzerine görülür bir siyah nokta bırakır.

➔ **Ark Kronometresi:** Bu kronometre **10, 20, 30, 40, 50** ve **100 Hz** ark frekansları ile (veya $1/10$ s, $1/20$ s, $1/30$ s ... aralıklarla) deney veri kağıdı üzerine ark oluşturur. Örneğin, **10 Hz** ark frekansı ile ark kronometresi deney veri kağıdı üzerine her 0.1 saniyede bir nokta (dot) oluşturacaktır.

➔ **Metal Diskler:** Bu parçalar çok düzgün yüzeylere sahip katı metal disklerdir. Her bir metal diskin merkezinde basınçlı havanın aktığı bir delik açılmıştır. Cam tabla üzerinde kullanılan iki metal disk, hemen hemen sürtünmesiz ortamda hareket etmesi için hava sağlayan lastik **hortumlara** bağlıdır.

Metal diskin ve cam tablanın düzgün yüzeyleri arasında metal diskin ortasında bulunan delik kanalıyla akmaya çalışan hava, metal diski yüzeyden yukarı doğru iter, böylece metal disk yüzeyden yükselir ve bu durumda ince bir hava tabakası ile desteklenir. Metal disk yeterince ağır olduğu için, cam tabla yüzeyinden çok fazla yükseğe kaldırılamaz, fakat bulunduğu yükseklikte havanın oluşturduğu ince hava tabakası metal diskin **havada süzulebileceği** bir hava **yastığı** gibi neredeyse sürtünmesiz bir yüzey sağlar. Böylece, metal diskler yaklaşık olarak sürtünmenin olmadığı bir yüzeyde kayarlar. Bu, hava masası ürününün en önemli özelliğidir. (Şekil-3).

Ayrıca, metal diskin altında bir elektrot (yüksek voltaj uç) bulunmaktadır. Ark kronometresi anahtarına basılarak çalıştırıldıktan sonra yüksek voltaj ucu beyaz kağıt (deney veri kağıdı) üzerinde eşit zaman aralıklarıyla koyu noktalar (dot) oluşturan kıvılcımlar üretir. Bu nedenle, metal diskin altına bir parça kağıt koyarsak, bu kağıt üzerinde noktalardan oluşan bir



Şekil-3: Hava Masası Deney Seti.

¹ Bu bölüm RenTech firmasının Hava Masası Tanıtım klavuzundan alınmıştır.

iz üreten ark kronometresini kullanarak diskin hareketini kaydedebiliriz. Bu noktalar üzerine yapılan çalışma, hareketli metal disklerin zamanın fonksiyonu olarak konumlarını ölçmemizi sağlamaktadır.



Hava Masası



Ark Kronometresi



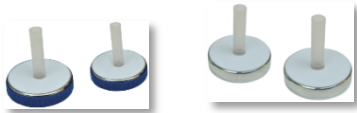
Hava Kompresörü



Ayak Pedalları



Atış Aparatı



Metal Diskler



Eğim için Yükseltici Blok



Yaylar



Yay Tutucu ve Halkalar

➔ **Hava Kompresörü (Hava Pompası):** Hava kompresörü hava masası tablası üzerindeki metal disklere bağlı olan **hortumlara** hava akışını sağlar.

Hava kompresörü çalıştırıldığında, hortumlar boyunca kompresörden metal disklere doğru bir hava akışı oluşturulur. Metal disklerin alt yüzeyi boyunca akan basınçlı hava, metal diskler ile hava masası arasındaki sürtünmeyi azaltır ve böylece metal diskler neredeyse serbestçe hareket eder.

Hava masası deneylerini yapmak için hava masasının üzerine öncelikle bir karbon kağıdı ve daha sonra bir tabla beyaz kağıt (**deney veri kağıdı**) yerleştirilir. Hava masasını dengelemek için üç tane ayarlanabilir ayak bulunmaktadır. Bu yüzden, tüm deneylerden önce, temas yüzeyi bu ayarlanabilir ayaklarla tam olarak düzgün hale getirilmelidir. Hava masası yüzeyi üzerinde hareket eden **metal** diskler, deneylerde parçacık olarak kabul edilir. Ark kronometresi hava hortumları içindeki zincir yoluyla metal disklerle bağlıdır. Ark kronometresi etkin durumda iken metal **diskin merkezi** ile **karbon kağıt** arasındaki deney veri kağıdı üzerinde kıvılcımlar oluşmasına neden olan periyodik bir yüksek gerilim üretir. Ark kronometresi ayak pedalı vasıtasıyla çalışmaktadır. Bu ayak pedalına basarak, metal diskler ve karbon kağıt arasında ark kronometresinden ayarlanabilir bir frekansta sürekli olarak kıvılcım üretilebilir. Daha sonra, deney veri kağıdı üzerinde kıvılcım üretilen zamanlardaki her metal diskin konumunu **gösteren** siyah noktalar belirir.

Her kıvılcım deney veri kağıdı üzerine

Şekil-4: Hava Masası Bileşenleri.

bir nokta (dot) üretmektedir ve herhangi bir deneyde metal disklerin hareketi bu noktaların deney veri kağıdı üzerinde oluşturduğu yol kullanılarak incelenebilir. Ark kronometresi üze-

rindeki ayar düğmesi deneye başlamadan önce farklı **kıvılcım frekansları** seçmeyi sağlar. Örneğin, eğer ark kronometresi frekansı $f = 20$ Hz olarak ayarlanırsa, masa üzerindeki her metal disk bir saniyede deney veri kağıdı üzerine 20 nokta işaretler ve ardışık iki nokta arasındaki **zaman aralığı** $T=1/20=0.05$ saniye olur. Bu işaretler kullanılarak kullanılan diskin yer değiştirme ölçümü yapılabilir ve ortaya çıkan hız ve ivme değerleri hesaplanabilir. Deneyde kullanılacak hava masası parçaları Şekil-4’de gösterilmiştir.

5.1 Hava Masasının Çalışması

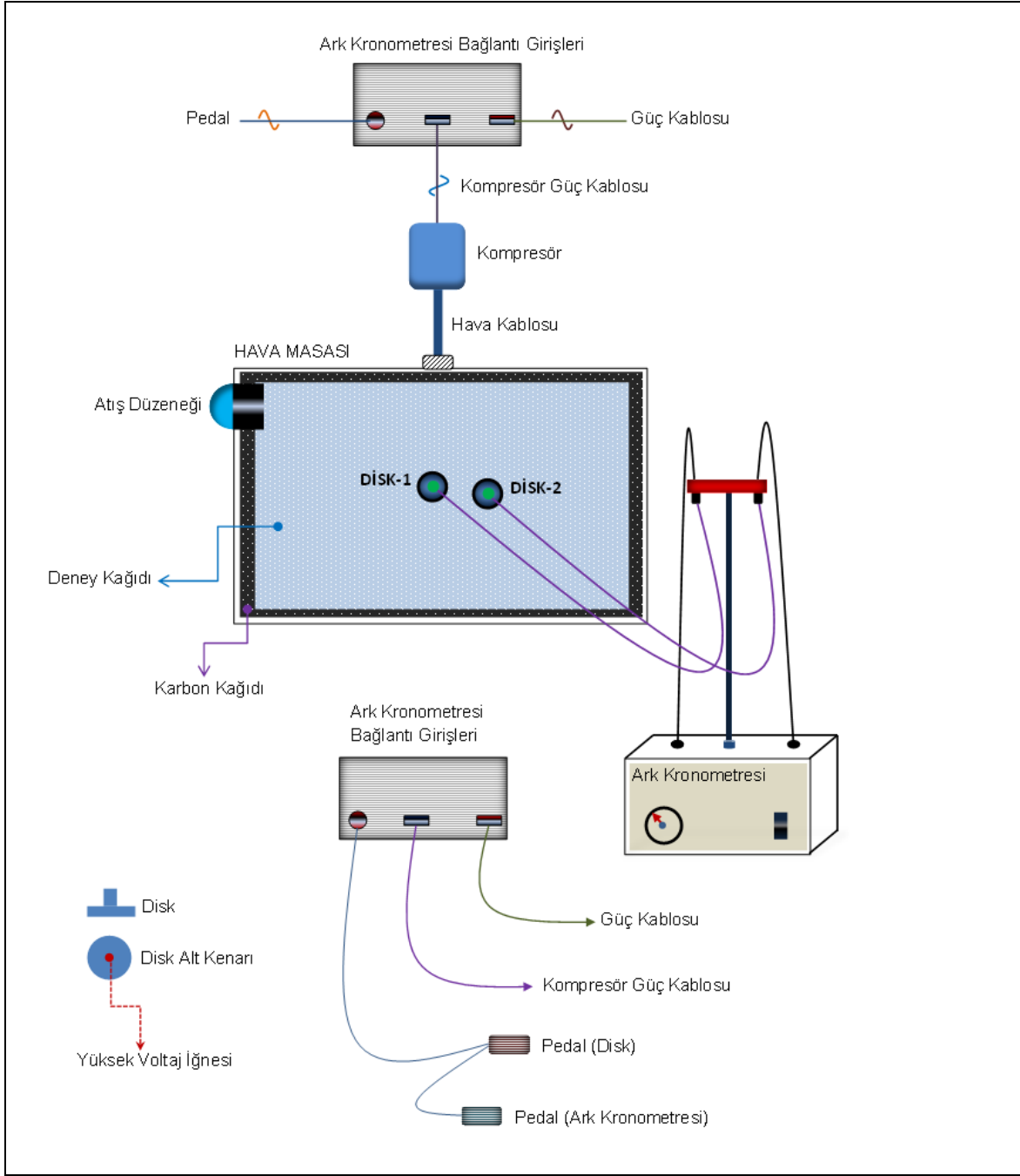
Hava masası ile yapılacak ilk deney için, hava masasının nasıl çalıştığını öğrenmek önemlidir. Aşağıda verilen adımları kullanarak hava masasını çalıştırabilirsiniz.

1. İlk olarak **karbon kağıdını** hava masasının cam tablası üzerine yerleştirin. Karbon kağıdını köşelerinden hava masası cam yüzeyine bantlamak gerekli **değildir**. Karbon kağıdı düz ve temiz olmalıdır.
2. Karbon kağıdının üzerine **veri kağıdını** (beyaz deney veri kağıdını) yerleştirin. Bu kağıdı bantla **yapıştırmayın**.
3. **İki metal disk**i masanın ortasına yakın olacak şekilde deney veri kağıdının üstüne **yerleştirin**.
4. Hava masasında iki tane ayak pedalı vardır. Bunlardan biri kompresöre (hava pompasına) **güç sağlamaktadır**, diğeri ise kıvılcım oluşumunu (**S**) başlatmaktadır.
5. Deneyden önce, ayak pedallarından hangisinin hava pompasına güç sağladığını hangisinin kıvılcım oluşumunu başlattığını belirlemek için **test edin**.
6. Pompayı çalıştıran ayak pedalına (**P**) basın ve iki metal diskin herhangi bir sürtünme olmadan deney veri kağıdı üzerinde hareket edip etmediğini gözlemleyin. Metal disklerle bağlı olan hava hortumları serbest ve bükülmemiş olmalıdır.
7. Şimdi, sürünmesiz ortamda hareket halinde olan metal disklerin masa yüzeyinin *merkezinde* hareketsiz kalmalarını sağlayacak şekilde hava masasının ayaklarını **ayarlayın**. Hava masasının ön tarafındaki ayakları ayarlayarak metal disklerin **yanlara hareketini** ortadan kaldırın ve herhangi **arkaya** ve **öne** hareketleri ortadan kaldırmak için arkada bulunan tek ayağı kullanın. Metal diskleri kullanarak uygulanan bu metot, hava masasının seviyesini ayarlamanın kolay yoludur. Sonuçta, metal diskler hava masasının üzerinde herhangi bir yönde hareket etmemelidir. Bu aşama hava masasını “düzeltme” olarak adlandırılır.
8. Hava pompası için ayak pedalına (**P**) basın ve basılı tutun. Yavaşça, iki metal diskinde altından deney veri kağıdını kendinize doğru çekin. Gördüğünüz gibi, veri kağıdı ve metal diskler arasında neredeyse **sürtünme** olmadığından, veri kağıdı kolay hareket edecektir. Şimdi, kısa bir süre için ark kronometresine bağlı olan ayak pedalına (**S**) **basın**, sonra **bırakın**. Bu süre boyunca, metal disklerin altından başka bir kısa süre boyunca veri kağıdını çekin. Bu kağıdı kendinize doğru tamamen çekin ve ayak pedalını (**P**) bırakın.
9. Şimdi, veri kağıdını çevirin ve **siyah noktaları** gözlemleyin. Kıvılcımların üretildiği zamanlardaki her bir metal diskin konumunu gösteren siyah noktalar deney veri kağıdı üzerinde görülecektir. Bu olayın sadece metal disklerin cam tabla üzerindeki karbon kağıdın bulunduğu alan içerisinde olması durumunda gerçekleştiğini unutmayın.
10. Her iki metal disk, kıvılcım işaretlemesi ve veri kağıdı üstünde **noktalar oluşturmak** için karbon kağıdının üzerinde olmak zorundadır. Eğer herhangi bir hareket türü için sadece **bir metal disk** kullanılacaksa, merkezinin karbon kağıdının alanı içerisinde olmaması ve sabit kalması için **diğer metal disk**i hava masasının bir köşesine yerleştirin. Karbon kağıdı elektriksel olarak iletkenidir.

11. Belirli bir deneyde **iki diski de** kullanırken, aynı anda her iki metal diski zaman cinsinden nerede olduğunu belirlemeniz gerekecektir. Her metal disk için **ilk noktayı sıfır olarak işaretlemek kaydıyla** deney kağıdı (veri kağıdı) üzerindeki noktaları **numaralandırın**. Yani, numaralandırmayı her metal diskin hareketine başladığı yerde başlatın. Noktalar, kıvılcım oluştuğu anda metal diskin merkezinin nerede olduğunu gösterecektir. Her metal disk için **sıfır numaralı noktayı** sıfır pozisyonundaki ve sıfır zamandaki **referans yer** olarak kullanın.
12. Pompa (P) ve ark kronometresi (S) ayak anahtarlarını aynı anda etkinleştirmek için bir pedala diğerinin üstüne koyabilirsiniz. İki disk de kendi hareketini tamamlayıncaya kadar her iki anahtarı da basılı tutun. Bu kullanım, her iki ayak pedalının da aynı anda aktif olmasına neden olur.
13. Bazı deneyler, *eğimli bir hava masa* üzerinde yapılacaktır. Eğimli bir hava masası oluşturmak için, masanın arkasındaki ayarlanabilir tek ayağın altına bir tahta blok yerleştirilir. (bu işlem öncesinde, masa “düzeltmiş” olmalıdır). Eğim açısını ölçmek için bir açıölçer kullanabilirsiniz.
14. Ark kronometresi çalışırken; iletken bölümlere, yüksek gerilim bağlantılarına, metal disklerin hortumlarına ve deney veri veya karbon kağıdına **dokunmayın**.

Dikkat!

Ark kronometresi çalışırken, iletken bölümlere, yüksek voltaj uçları veya metal disklerin hortumları ve deney veri ya da karbon kağıdına **dokunmayın**.



Şekil-5: Hava masası deney setinin şematik gösterimi.

Hava masası deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil-5'te verilmiştir. Hava kaynağı (kompresör), havayı hortumlar vasıtasıyla metal disklere doğru iter. Bu yolla, masa üzerindeki sürtünme etkisi büyük ölçüde ortadan kaldırılır. Oluşturulan bu hava yastıkları üzerinde serbest olarak hareket eden iki metal disk, ark kronometresine elektriksel olarak bağlıdır. Ark kronometresi, başlangıçta farklı kıvılcım frekansları seçerek, düzenli aralıklarla belirli değerlerde ayarlanabilir noktalar (kıvılcımlar) üretir.

Bu kıvılcımlar her bir metal diskin merkezinin konumunu, veri kağıdı üzerine işaretler. Ark kronometresi çalışırken, metal disklerden gelen her kıvılcım, veri kağıdı üzerine siyah bir nokta bırakır. Bu şekilde, hareketli diskin yönü eşit zaman aralıklarında siyah noktalar şeklinde bir ardışık dizi olarak veri kağıdına çizilir. Bu noktalar üzerine yapılacak deneysel çalışma, hareketli metal diskler için zamanın bir fonksiyonu olarak konumu ölçmemizi sağlar.