

2014 yılı 22. Ulusal Fizik Olimpiyatı 2. Aşama Deney Sınavı

1. Deney sorusu

- Sınav 2 sorudan oluşmaktadır.
- Sınav süresi 3 saattir, deney sınavı 9:00 da başlayıp 12:00 te bitecektir.
- Her şıkkın puanı soruda belirtilmiştir.
- İnternet bağlantısı ve grafik çizme özelliği olmayan hesap makinesi kullanabilirsiniz.
- Cözümleri tükenmez kalem ile yapınız.
- Cevaplarınızı soru kağıdındaki boş yerlere yazınız ek sayfa kullanmanız gerekirse her sayfaya adınızı ve sorunun şıkkının numarasını yazınız.
- Cözümleri teslim ederken kagıtları sıraya koyunuz ve müsvetteleri ekleyiniz.

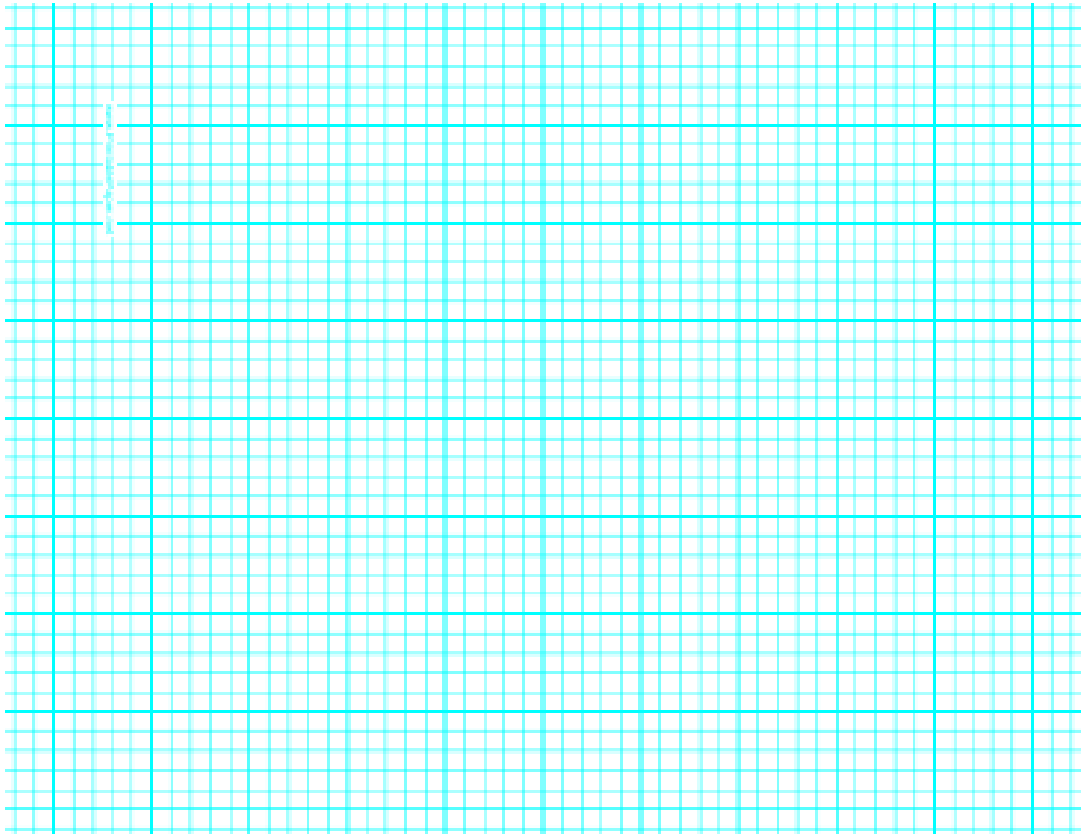
Başarılar,

22. Ulusal Fizik Olimpiyatı 1. Deney Sorusu

Kalem ucunun öz kütlesinin ve öz direncinin ölçülmesi (20 puan)

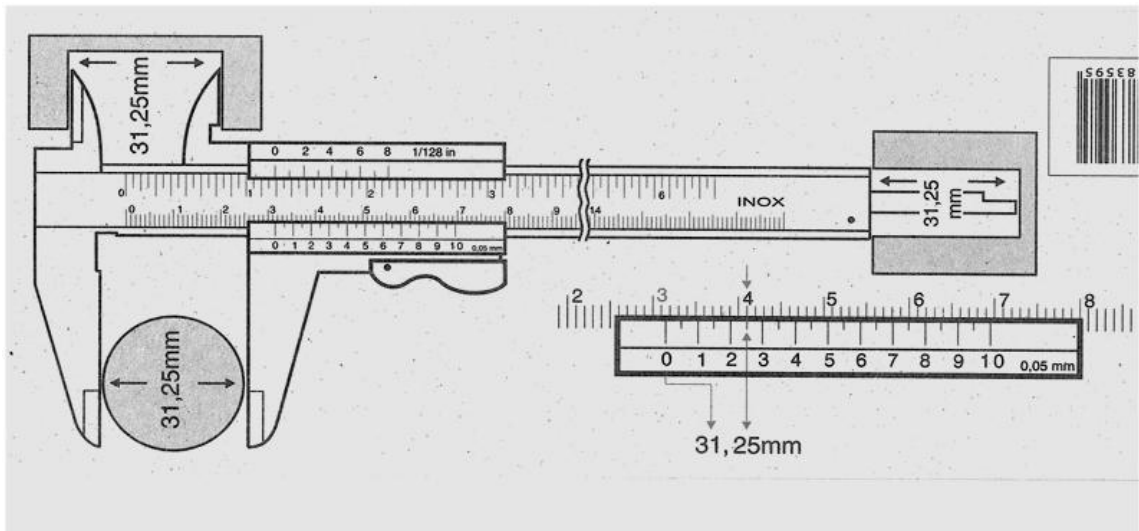
Birinci deney iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde size verilen ince kalem uçlarının öz kütlesini, ikinci bölümde ise kalın kalem ucunun öz direncini ölçeceksiniz. Bu deneyde kullanmanız için bir kutu ince kalem ucu, 2 adet kalın kalem ucu, bir hassas terazi ve multimetre verilmiştir. Yapacağınız ölçümler kullanacağınız aletlerin hassasiyetinin altında olacaktır. Bu deneyde grafik metodu kullanarak ölçüm aletlerindeki hataları azaltmanız gerekmektedir. Kalem uçlarının kırılmamasına dikkat ediniz.

A) **Öz kütle ölçümü (10 puan):** Hassa terazi ve kumpaz kullanarak, size verilen ince kalem uçlarının öz kütlesini hesaplayınız. Bu deneyde kalem ucunun çapını, uzunluğunu ve ağırlığını ölçmeniz gerekmektedir. Deneyde kullandığınız terazinin hassaiyeti bir kalem ucunun ağırlığını ölçmek için yeterli değildir. Kalem ucunun ağırlığını ölçmek için size verilen grafik kağıdını kullanmanız gerekmektedir. Ölçümлерinizin ve hesapladığınız öz kütlenin hata payını belirleyiniz.

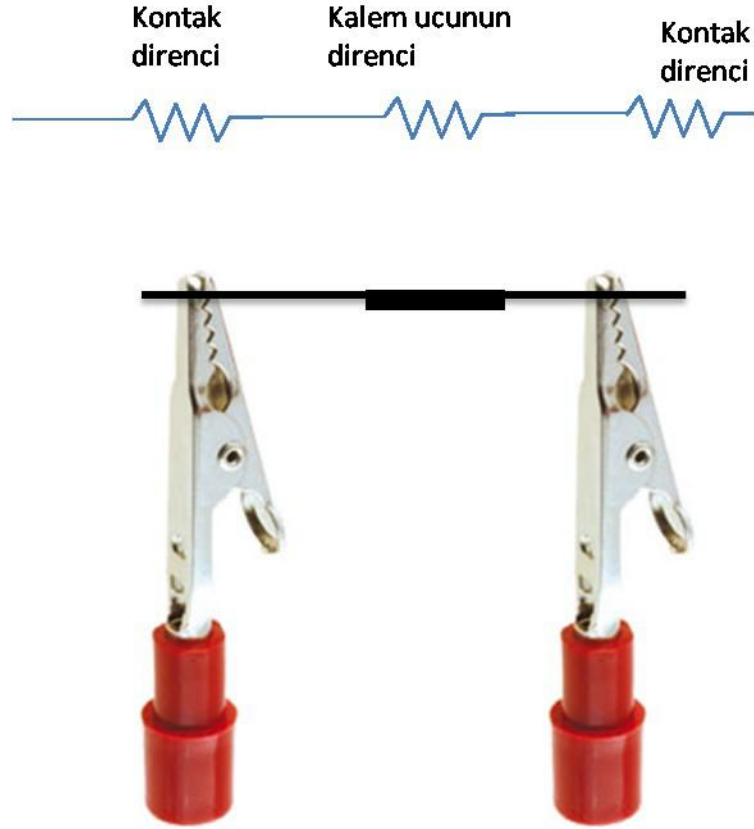


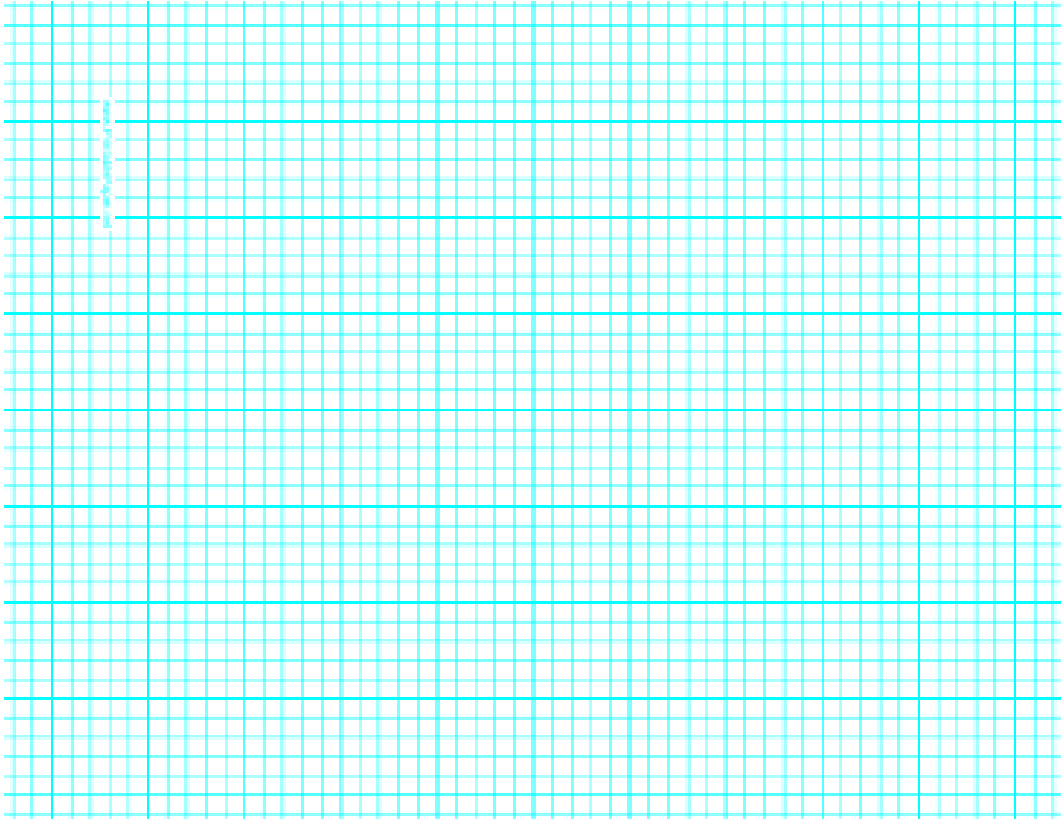
	Sonuç	Hata payı
Çap		
Uzunluk		
Ağırlık		
Öz kütle		

Kumpas (Verniye) nasıl okunur: Verniye ölçeği bulunan bir kumpas yardımıyla 0.05 mm hassasiyetinde uzunluk ölçebilirsiniz. Ölçü okunurken önce verniye ölçütünün sıfır çizgisinin, cetvel üzerinde çakıştığı çizgiye bakılır. Çakışma varsa okunan ölçü tam ölçü olur. Verniye üzerindeki sıfır çizgisi cetvel üzerinde bir çizgi ile çakışmıyorsa, ölçü tam değildir. Ölçüyü okumak için verniyenin sıfır çizgisinin cetvel üzerindeki geçtiği çizgi tespit edilir, daha sonra verniye bölüntü üzerindeki çakışan çizgi ile okuma tamamlanır. Aşağıdaki şekil verniye ölçeğinin nasıl okunmasını göstermektedir. Verniye ölçeğinin sıfır çizgisi 31 mm ile 32 mm arasında bir değer göstermektedir. Verniye ölçeğine bakıldığında 2.5 çizgisinin cetvel üzerindeki çizgi ile çakıştığı görülür. Ölçüm sonuç 31.25 olur.



B) **Öz direnç ölçülmesi (10 puan):** Size verilen kalın kalem ucunun öz direncini multimetre kullanarak belirleyiniz. Multimetreyi kullanırken direnç okuma durumuna getiriniz. Burada dikkat etmeniz gereken, kalem ucunun direncinin yanında, multimetrenin uçları ile kalem ucu arasında oluşan kontak direncidir. Gerekli ölçümleri yaparak ve grafik metodu yardımıyla, kalem ucunun öz direncini ve kalem ucuyla metal kontaklar arasındaki kontak direncini belirleyiniz.





	Sonuç	Hata payı
Çap		
Uzunluk		
Kontak direnci		
Öz direnç		

2014 yılı 22. Ulusal Fizik Olimpiyatı 2. Aşama Deney Sınavı

2. Deney sorusu

- Sınav 2 sorudan oluşmaktadır.
- Sınav süresi 3 saattir, deney sınavı 9:00 da başlayıp 12:00 te bitecektir.
- Her şıkkın puanı soruda belirtilmiştir.
- İnternet bağlantısı ve grafik çizme özelliği olmayan hesap makinesi kullanabilirsiniz.
- Çözümleri tüketmez kalem ile yapınız.
- Cevaplarınızı soru kağıdındaki boş yerlere yazınız ek sayfa kullanmanız gerekirse her sayfaya adınızı ve sorunun şıkkının numarasını yazınız.
- Çözümleri teslim ederken kagıtları sıraya koyunuz ve müsvelteleri ekleyiniz.

Başarılar,

Önemli uyarı: Bu deneyde kullanacağınız lazer insan gözüne zarar verebilir. Deney sırasında lazer ile şaka yapmayın, kendi gözünüze veya başka birinin gözüne tutmayın. Güvenlik uyarılarını dikkate almayanların sınavı iptal edilecektir.

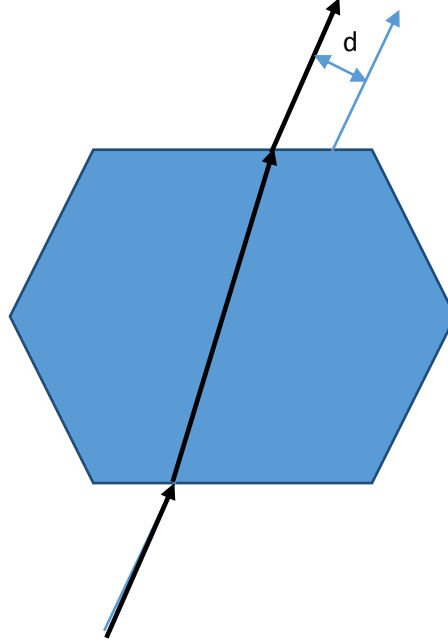
22. Ulusal Fizik Olimpiyatı 2. Deney Sorusu

Kırıcılık katsayısının ölçülmesi (20 puan)

Dün yapılan kuramsal sınavda atmosferdeki altıgen buz kristallerinin yarattığı haleleri incelemiştiniz. Bugün teorik sınavdaki soruyu deneysel olarak inceleyeceksiniz. Size verilen altıgen saydam cismi, buz kristallerin büyütölmüş bir modeli olarak düşünebilirsiniz. Bu soruyu cevaplamak için kuramsal sınavdaki soruyu çözmüş olmanız gerekli değildir. Amacınız üç farklı ölçüm metodu ile altıgen saydam cismin kırılma indisini ölçmek ve daha sonra sahte güneşlerdeki ışık şiddetinin dağılımını deneysel olarak bulmaktır.

A) Paralel kaymadan indis ölçümü (5 puan).

Birbirine paralel iki yüzeyden geçen ışık demeti gidiş yönüne dik olarak belirli bir miktar kayacaktır. Elinizdeki altıgenleri kullanarak en az üç farklı kırılma açısında sapmayı bulun ve malzemenin kırılma indisini ölçün.



Altıgenin iki paralel yüzeyi arasındaki mesafe:	
---	--

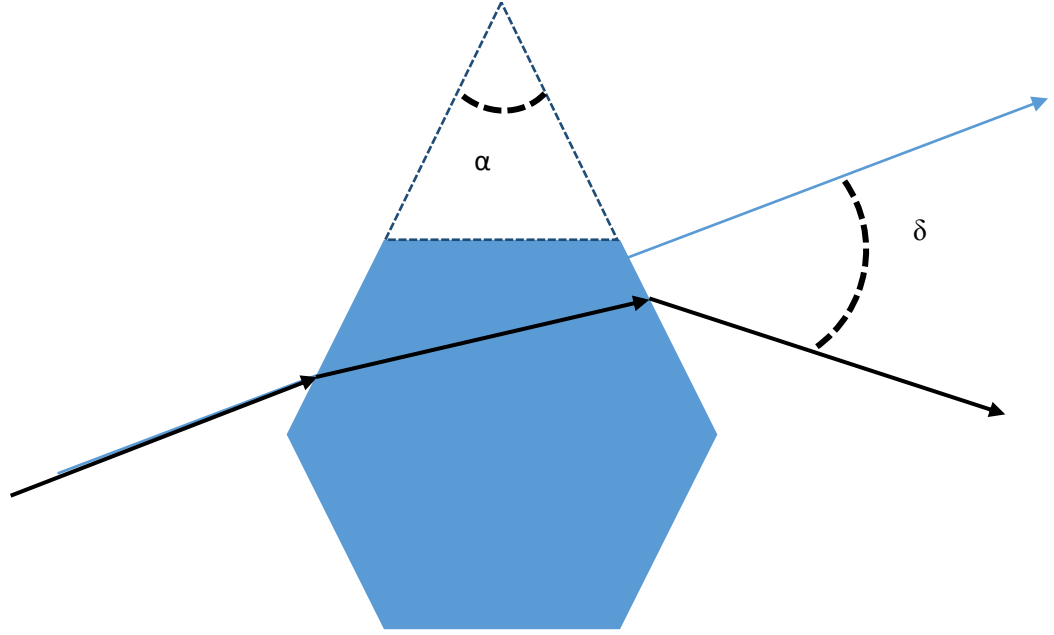
Yüzey normali ile giren ışının yaptığı açı	Işının kayma miktarı (d)

Hesaplanan kırılma indisi:	
----------------------------	--

B) Minimum sapma açısından indis ölçümü (5 puan).

Birbiriyle 60 derece açı yapan iki yüzeyi tepe açısı 60 derece olan bir prizmadan kesilmiş bir parça olarak düşünebiliriz. Tepe açısı α olan bir prizmadan geçen ışığın geliş yönünden sapma açısına δ diyelim. Bu sapma açısının alabileceği minimum değer δ_{min} ile kırılma indisi arasındaki bağıntı şöyledir:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha + \delta_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

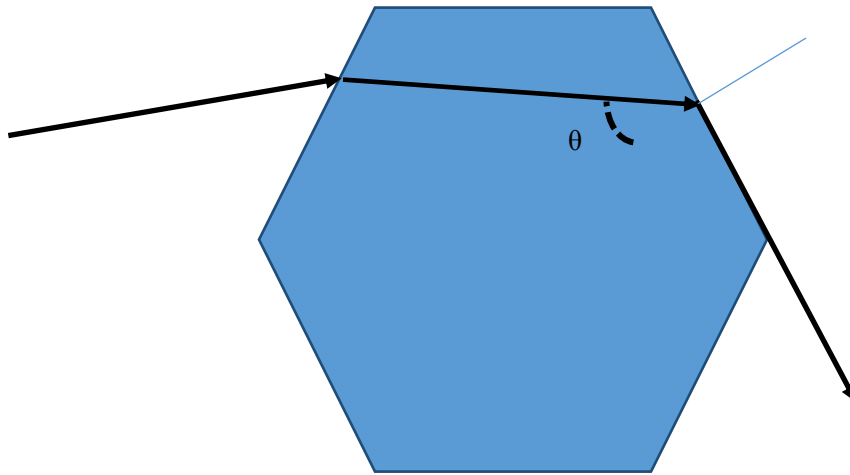


Ölçülen minimum sapma açısı:	
Hesaplanan kırılma indisi değeri:	

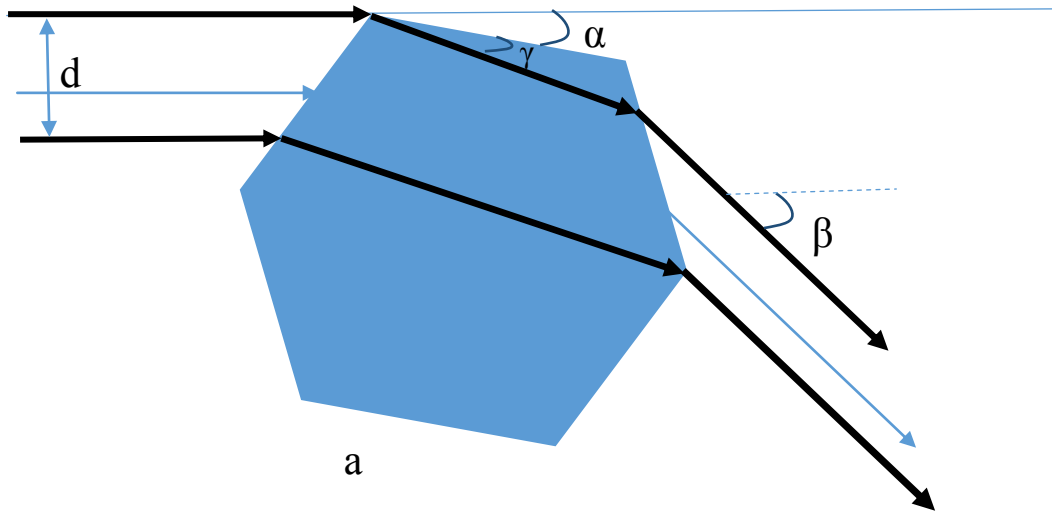
C) Tam iç yansıma ile kırılma indisi ölçümü (5 puan):

Bir ışının kırılma indisi büyük olan ortamdan kırılma indisi küçük ortama geçebilmesi için yüzey normaliyle yaptığı açı kritik bir değerin altında olmalıdır. Bundan daha büyük açılar için ışın tam iç yansıma ile geri saçılır. Elinizdeki düzeneikle tam iç yansıma açısı ölçün, ve buradan kırılma indisini hesaplayın.

Ölçülen kritik tam iç yansıma açısı θ :	
Hesaplanan kırılma indisi değeri:	



D) Kuramsal sınavda tam olarak hesaplanmanız istenmeyen bir nicelik sahte güneşlerin içinde saçılma açısına bağlı olarak ışık şiddeti dağılımıydı. Bunun grafiğini şimdi deneysel olarak belirlemeniz bekleniyor. (Soruyu hatırlamanız gerekli değil aşağıdaki adımları yerine getirin:

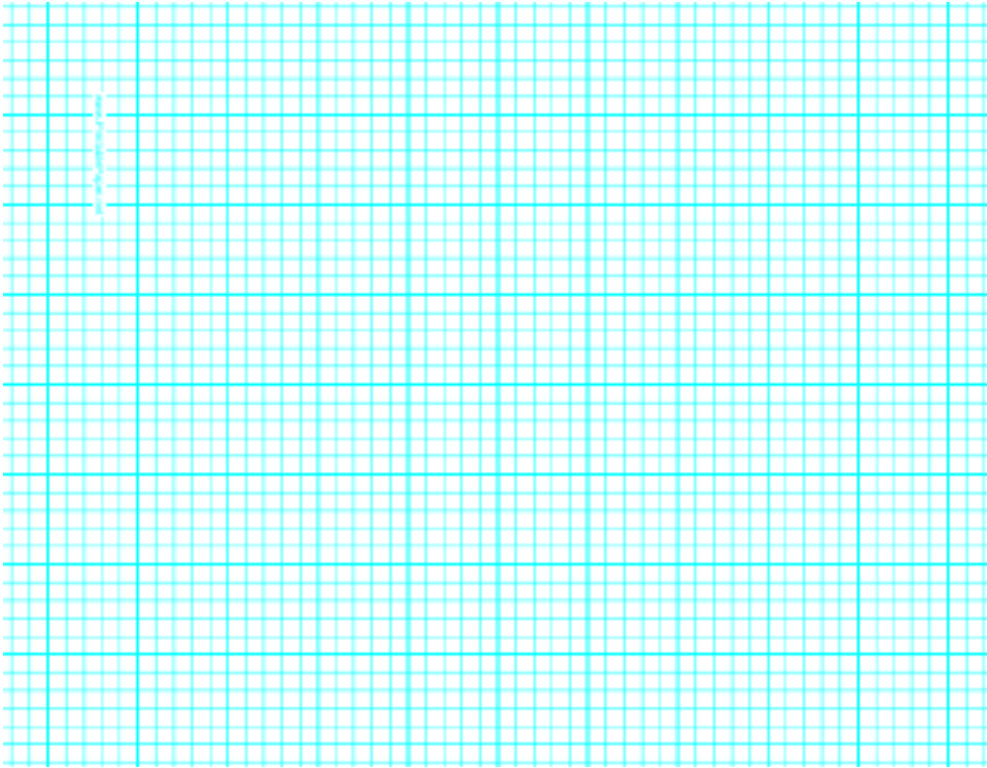


Birbirine paralel ışın demetlerinin ne kadarının aralarında 60 derece açı olan iki yüzeyden kırıldığını belirlemek istiyoruz. Işın demetlerinden tam köşeden giren ve yüzeyden çıkan (şekilde üstteki ışın) demeti ile yüzeyden girip tam köşeden çıkan arasındaki mesafeye d diyelim. Işının geliş yönü ile altıgenin yaptığı açılara α , ışığın toplam saçılma açısına da β adını verelim. Alfa açısını değiştirerek beta ve d yi ölçünüz, aşağıdaki tabloyu tamamlayınız:

α	d	β
0°		
5°		
10°		
15°		

20°		
25°		
30°		
35°		
40°		
45°		
50°		

Aldığınız verileri kullanarak ***d*** yi betaya bağlı olarak çiziniz.



Teori Sınavı

15 Kasım 2014

9:00-14:00

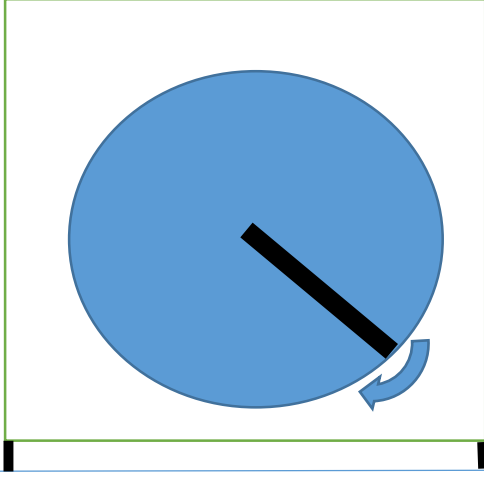
1. Sınav süresi 5 saattir.
2. Sınavda 4 soru vardır. Her soru 15 puan üzerinden değerlendirilecektir. Yarın yapılacak deney sınavının katkısı ise toplam 40 puan olacaktır.
3. Birinci soru 2, İkinci soru 2, Üçüncü soru 4, Dördüncü soru ise 2 sayfadan oluşmaktadır. Soruların şıkları birbirlerinden bağımsız olabilir, bütün şıkları inceleyiniz.
4. Çözümlerinizi sadece size verilen çözüm kâğıtları üzerine yapınız. Çözümlerinizin değerlendirmeye alınabilmesi için sayfa başlığındaki Ad Soyad, ve hangi sorunun çözümünün kaçınıcı sayfası olduğunu gösterir kısımların doldurulması gereklidir.
5. Sınav bitiminde en öne bu sayfayı koyun; çözüm sayfalarınızı sıraya koyun, arkasına müsvedde olarak kullandığınız sayfaları ve soru kâğıtlarını da ekleyerek dosyanın içine yerleştirin.
6. Çözümleriniz sabit mürekkepli (tükenmez benzeri) kalemle yapılmalıdır.
7. Hesap makinesi kullanabilirsiniz. İnternet bağlantısı yapabilen her türlü alete erişim yasaktır.
8. Sınav sırasında yiyecek dağıtımı yapılacaktır.
9. Tuvaleti kullanmak için gözetmenden sessizce izin alabilirsiniz.

Başarılar!

Soru 1	Soru 2	Soru3	Soru 4	Toplam

Soru 1- Yürüyen Çamaşır Makinesi

Otomatik çamaşır makinelerinin içine konulan çamaşırlar dengeli dağılmadıklarında özellikle yüksek devirle döndürüldüklerinde makinenin de yerinden hareket etmesine sebep olabilirler. Basit bir modelle bu olayı inceleyebiliriz.



Çamaşır makinesini L uzunluğunda kenarlara sahip ve homojen olarak doldurulmuş M kütleli bir küp olarak kabul edelim. Makinenin yerle temasını iki ucundaki küçük ayaklar sağlamaktadır, ve ayaklarla yer arasındaki sürtünme katsayısı μ olarak verilmiştir. Dengesiz olarak yüklenmiş çamaşırları ise makinenin kütle merkezine ucundan tutturulmuş ℓ uzunluğunda ve m kütleli bir homojen çubuk olarak modelleyelim.

Makinenin motoru çubuğu Ω sabit açısal hızı ile döndürecek torku ve kuvveti her an sağlamaktadır. (Şekildeki daire sadece çubuğun dönerken taradığı alanı gösterir. Ayakların yüksekliği ve kütlesi önemsizdir)

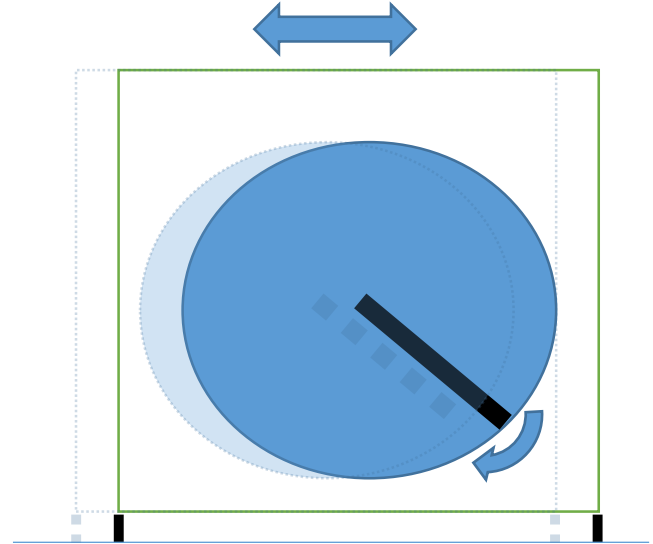
Eğer dönüş hızı küçükse çubuk dönerken makinenin ayakları sabit kalır. Bu soruda ise dönüş hızı arttıkça makinenin sabit konumundan ayrılabilceği iki durum incelenmektedir.

A) Kayma hareketi

Eğer açısal hız belirli bir kritik değeri aşarsa makine yerde sağa sola kaymaya başlayacaktır (Bu özellikle yer ıslanır da sürtünme katsayısı düşerse önemli bir problem oluşturur).

Makinenin kaymaya başlayacağı minimum açısal hız Ω_1 i verilen diğer nicelikler (L, M, μ, ℓ, m) ve yerçekimi ivmesi g cinsinden hesaplayınız. (8 puan)

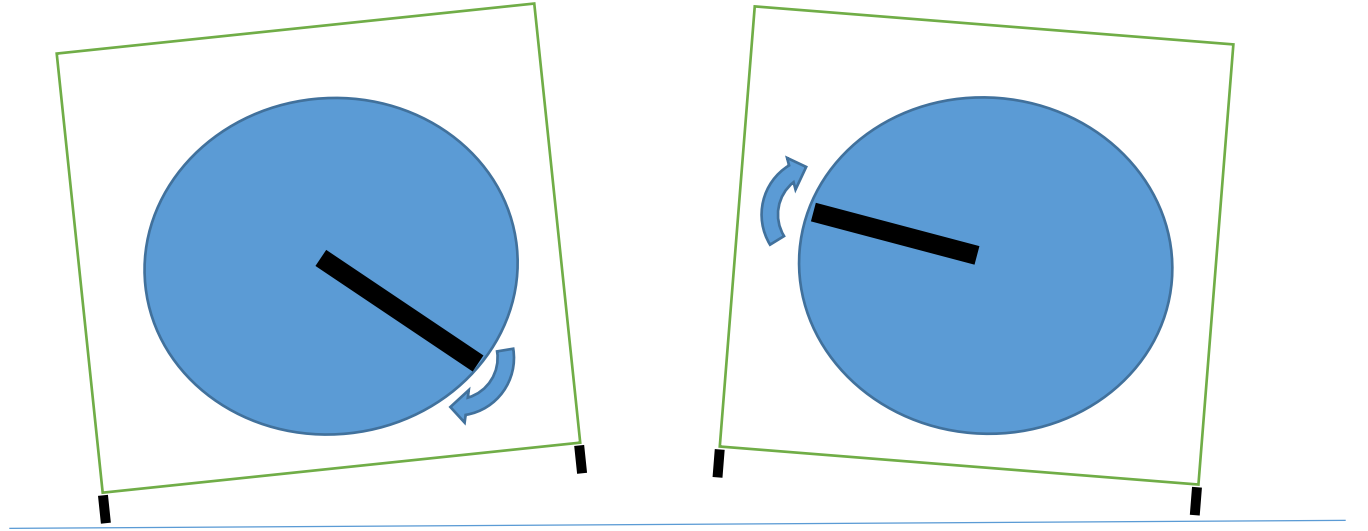
(Çubuğun ucu etrafındaki eylemsizlik momenti $I = \frac{1}{3} m \ell^2$.)



B) Sallanma Hareketi

Yerle ayaklar arası sürtünme katsayısı sonsuz olsa bile eğer dönüş hızı çok yüksek olursa makinenin ayakları birer birer yerle teması kaybedecek ve makine sallanmaya başlayacaktır. Bu hareketin başlaması için gereken minimum açısal hız Ω_2 yi bulunuz. (7 puan)

Şekilde makinenin hareketini açıklamak için iki farklı zamandaki durumu resmedilmiştir. Beklenen sadece bu hareketin başladığı dönüş hızını bulmanızdır.



İpuçları:

İki şıkkı da çözebilmek için istediğiniz yolu kullanabilirsiniz, ancak şu ara adımları yaparsanız kısmi çözümlerden puan alma şansınız artacaktır:

- Çubuk yatayla herhangi bir θ açısı yaparken sabit açısal hızla hareket etmeye devam edebilmesi için çubuğa makinenin etki ettirmesi gereken kuvvet ve torku hesaplayın.
- Bu kuvvet ve torkun reaksiyon olarak çubuk tarafından makineye de etki ettirildiğini unutmadan makine için denge şartlarını belirleyin.
- Bu denge şartlarının ilk olarak bozulabileceği kritik açıyı ve oradan da kritik açısal hızı tespit edin.

Soru 2- Manyetik Sıvı İçerisinde Yükseltme

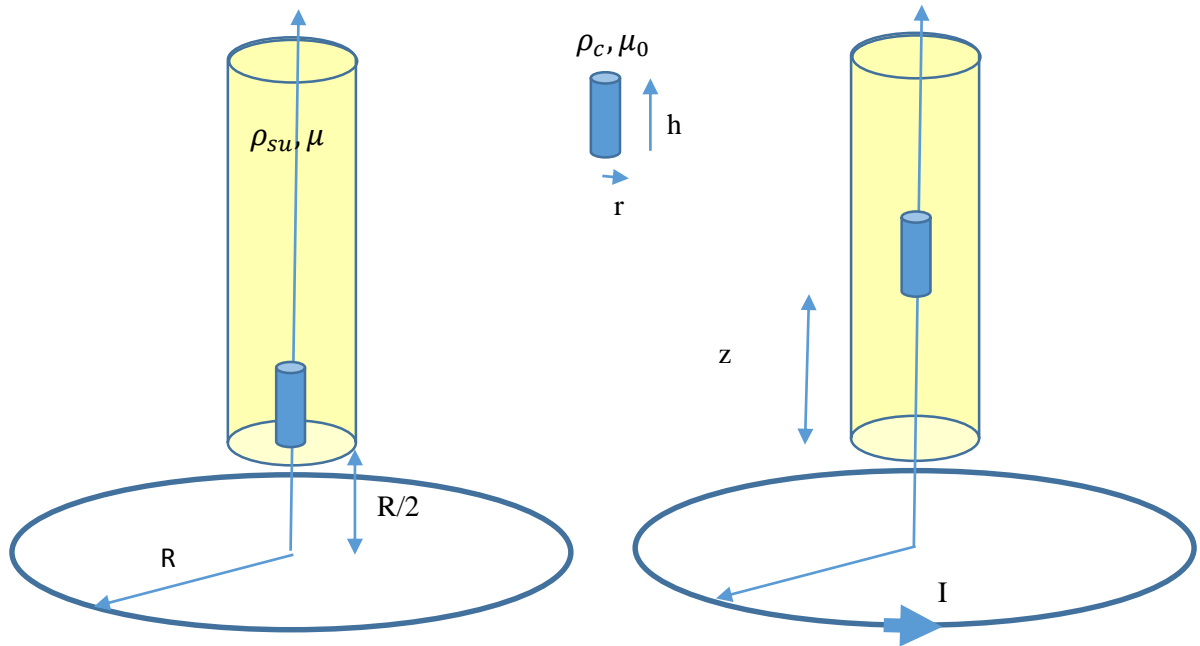
Paramanyetik tuzları su içerisinde çözerek suyun manyetik geçirgenliğini değiştirmek mümkün olmaktadır. Paramanyetik tuzla doyurulmuş su içinde

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

ilişkisinde $\mu > \mu_0$ hale gelmekte, hatta bağıl geçirgenlik $\kappa_M = \frac{\mu}{\mu_0} \sim 1.1$ değerine kadar yükslebilmektedir. (Pek çok malzeme için bu değer bir den farkı 10^{-7} mertebesinde dir). Tuzlar suyun özkütlesini çok etkilemez $\rho_{su} = 1 \text{ g/cm}^3$. Su sıkıştırılabilirliği ihmal edilebilir bir sıvıdır.

Yarıçapı b olan çok uzun bir silindir yukarıda anlatılan şekilde hazırlanmış su ile dolduruluyor. Suyun içine r yarıçapında ve h yüksekliğinde manyetik olmayan ($\kappa_M = 1$) malzemeden yapılmış bir cisim atılıyor. Cismin yapıldığı malzemenin özkütlesi $\rho_c > \rho_{su}$ olduğu için cisim tabana çöküyor.

Tabanın $R/2$ aşağısına, silindirin tabanı ile aynı yönelimde, silindirle eş merkezli, R yarıçaplı bir iletken halka konuluyor. Bu halkadan yeterli akım geçirildiği zaman cismin silindir tabanından ayrılıp belirli bir yükseklikte dengeye geldiği görülüyor. (Şekile bakınız)



- Cismi yerinden kaldıracabilecek minimum akımı, verilenler ve yerçekimi ivmesi g cinsinden hesaplayınız.
(Silindirin yarıçapının R 'den çok küçük olduğunu, cismin silindir şeklinde $h \gg r$ olduğu için kenarındaki manyetik alan saçaklanmasının ihmal edilebileceğini kabul ediniz. Özetle uzunluklar için $R \gg b \gg h \gg r$ geçerlidir) (4 puan)
- (a) şıkında bulduğunuz akıma I_0 dersek, cismi tabandan $z = \frac{R}{2}$ kadar yükseltmek için gereken akım ne kadardır? (Bu düzenek yüksekliğin ölçümünden cismin yoğunluğunu bulmak için kullanılmaktadır) (3 puan)

- c) Cisim eğer su içinde hareket ederse bir sürtünme kuvveti hisseder: $\vec{F}_d = -\gamma \vec{v}$. Sürüklenme katsayısı γ bu düzeneğe en kolay nasıl ölçülebilir? (1 puan)
- d) Cismi z_0 yüksekliğinde dengede tutan I akımı geçirmekte olan tele çok küçük bir alternatif akım veriliyor:

$$I(t) = I + I_1 \cos \omega t$$

Cismin yapacağı salınımların genliği hangi ω frekansı için maksimum olur? (4 puan)

- e) Silindir tabanı ile halka arasındaki $R/2$ mesafesi değiştirilerek cismi kaldırmak için gerekli minimum akım değiştirilebilir. En az akımla cismi kaldırabilmek için bu mesafenin değeri ne olmalıdır? (2 puan)

Sınav sonrası için:

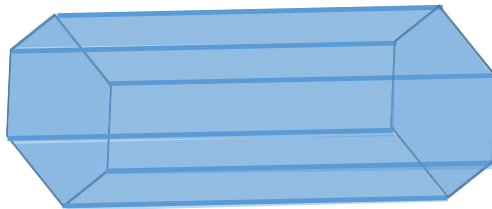
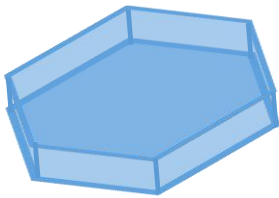
Bu sorunun esinlendiği deneylerden birinin videosunu: http://youtu.be/KLo_nw1Egeo adresinde izleyebilirsiniz.

Soru 3- Soğuk atmosferde haleler.

Güneş ışınlarının atmosferde bulunan küçük parçacıklardan saçılması ile oluşan ışık desenlerine hale adı verilir. Halelerin en iyi bilinen örneği küresel su damlacıklarından saçılan ışığın oluşturduğu gökkuşağıdır. Ancak, atmosferik koşullar uygun olduğunda, özellikle hızlı soğuma sonucu havada buz kristalleri oluştuğunda gökyüzünde çok daha ilginç desenler oluşabilir. Aşağıdaki fotoğraf¹ böyle bir havada güneşin doğuşundan kısa bir süre sonra çekilmiştir:



Fotoğrafta görülen değişik halelerin oluşmasının sebebi havada çok sayıda küçük buz kristali olmasıdır. Buz kristalleri bu aşamada nerdeyse **mükemmel altıgen prizmalardır**. (Kar taneleri gibi fraktal yapılar daha sonraki birleşmelerle oluşur) Kristal büyümesinde temel olarak iki tür prizma oluşur, yassı ve çubuk kristaller. Taban kenarının yüksekliğe oranı yassı kristallerde küçük, çubuklarda büyüktür.



Bu soruda buz kristallerinin fotoğrafta görülen değişik desenleri nasıl oluşturduğu incelenmektedir.

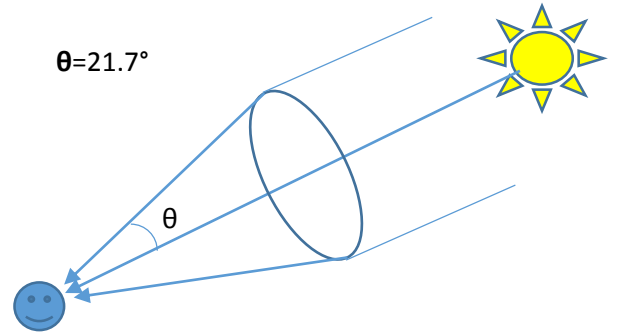
¹ Dr. David H. Hathaway, NASA Ames Araştırma Merkezi. Fotoğrafçının izniyle kullanılmıştır.

A) 22 derece halesi



$$\begin{aligned}\cos \theta &= 0.929 & \cos \frac{\theta}{2} &= 0.982 \\ \sin \theta &= 0.370 & \sin \frac{\theta}{2} &= 0.188\end{aligned}$$

En sıklıkla gözlenen buz halesi güneşin etrafında oluşan halkadır. Güneşten gelen ışınlar 21.7 dereceden daha küçük bir saçılma göstermezken, bu dairenin hemen dışında parlaklık başlamaktadır. Havadaki kristaller rastgele bütün yönelimlere sahip olunca en belirgin görülen hale budur.



A1) Bu bilgiler ışığında buz kristallerinin kırılma indisi nedir? (4 puan) (eğer bu şıkkı cevaplayamazsanız bu değere n diyerek soruya devam ediniz. C şıkkındaki figürü incelemek işinizi kolaylaştırabilir.)

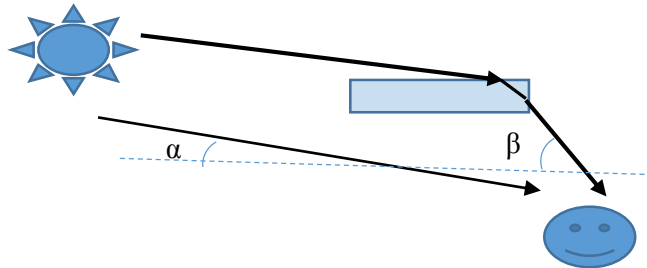
A2) Çok ender de olsa buzun moleküler yapısı altıgen değil dikdörtgenler prizması kristal oluşumuna yol açabilmektedir (Bu faz Buz 1_c olarak bilinir ve kırılma indisi altıgen fazla ayırdır).

Eğer havadaki kristaller yassı kare prizmalar ise hale hangi açıda oluşacaktır? (3 puan)



B) Tepe yayı

Yine rüzgarsız bir havada yatay duran yassı kristallerin yol açtığı bir etkidir. Kristallerin üst yüzeyinden giren ışık yan yüzeyden çıkarak bu haleyi oluşturur.



Güneşin ufuktan açısal yüksekliği α kritik bir değeri geçtikten sonra bu tepe yayı gözlenemez. Bu açığı hesaplayın. (3 Puan)

C) Sahte güneşler



Eğer hava rüzgarsız ise **yassı kristallerin** büyük kısmı tabanları yere paralel olacak şekilde (hava sürtünmesi maksimum olacak şekilde) düşerler. Bu yüzden 22 derece dairesinin yatayla kesiştiği noktalarda 'sahte güneş' adı verilen parlaklıklar oluşur. Bu parlaklıklar 21.7 derecede başlar, ışık şiddeti saçılma açısı arttıkça azalır. Yatay düzlemde, ışık şiddetinin saçılma açısına bağlı değişimini hesaplamak için aşağıdaki adımları

tamamlayın! (her şık 1, toplam 5 Puan)

Geometri kullanmanız yeterlidir, şiddetin bağıl değeri (iki açıdaki şiddetin oranı) sorulmaktadır. Güneşin yatayda olduğunu (doğduktan hemen sonra), böylece kristallerin tabanı, güneş ve gözlemcinin aynı düzlemde olduğunu kabul edin. Güneş ışınlarıyla α açısı yapan n kırılma indisli altıgen bir buz tanesi için:

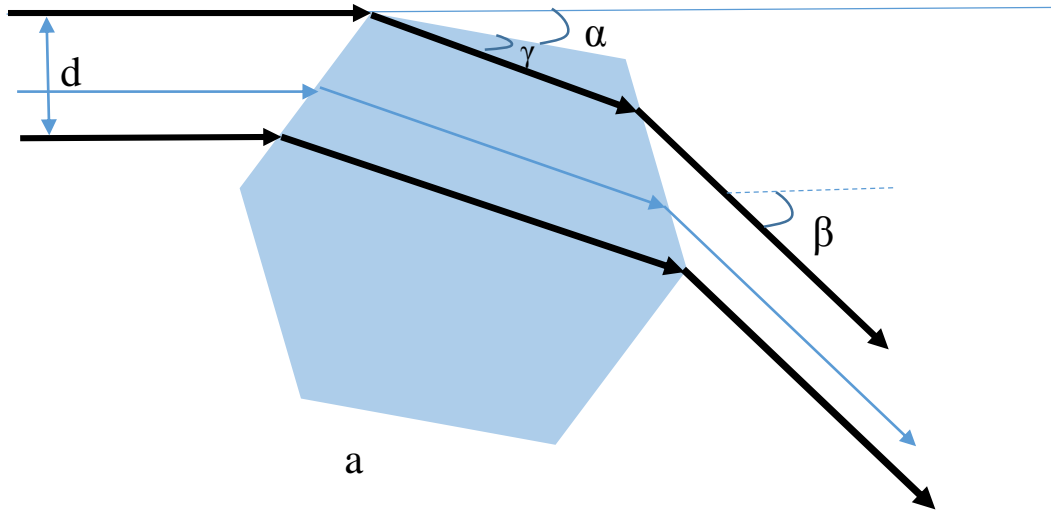
C1) α açısını n ve γ açısı cinsinden ifade edin.

C2) Saçılma açısı β yı γ ve n cinsinden hesaplayın.

C3) Kalın çizilmiş iki ışın arasındaki bütün ışınlar aynı β açısına saçılır. Güneşten gelen iki paralel ışın arası mesafe d yi γ , n ve altıgenin kenar uzunluğu a cinsinden bulun.

C4) Minimum saçılma açısı β ve maksimum d 'nin $\gamma = 0$ için elde edildiğini ispatlayın.

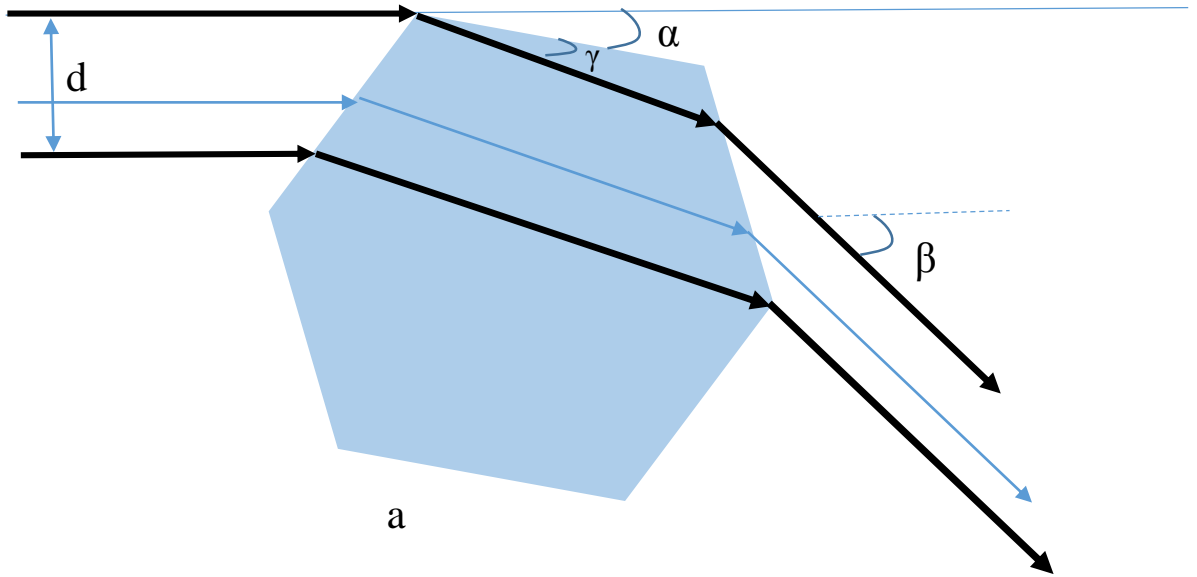
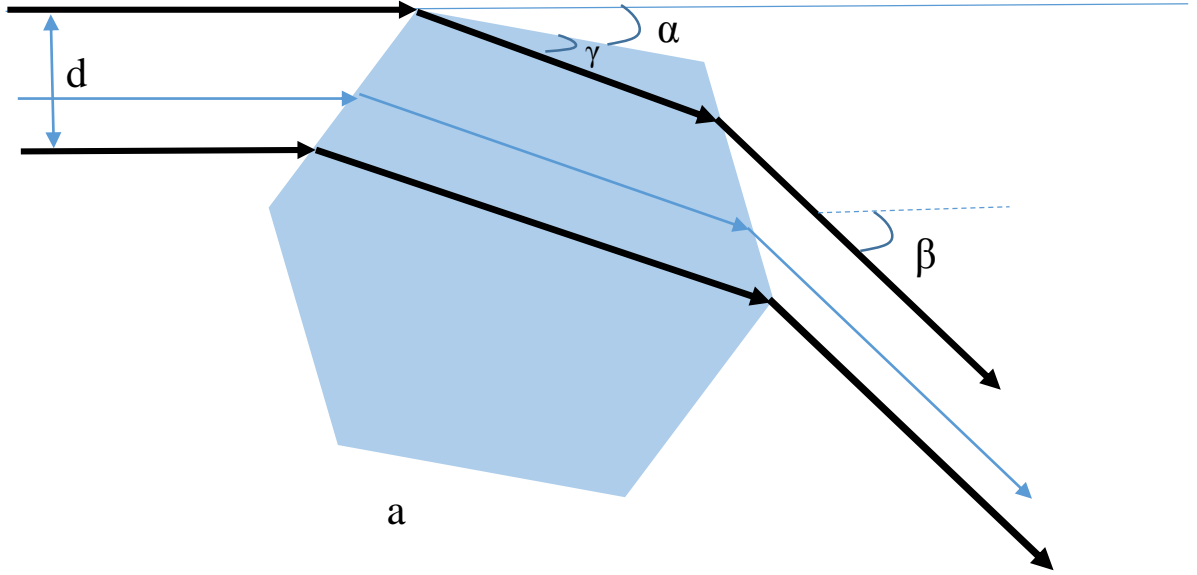
C5) Sahte güneşin içinde iki farklı saçılma açısındaki ışık şiddetinin oranı o açılar için olan d mesafelerinin oranına eşittir $I(\beta) \propto d(\beta)$. Açıklayın.



Soruda incelenmeyen ama fotoğrafta görünen diğer optik etkiler için

<http://www.atoptics.co.uk/halosim.htm> Sitesini ziyaret edebilirsiniz, tabii ki sınavdan sonra.

Bu sayfa üzerinde çalışıp gerekirse çözümünüze eklemeniz için verilmiştir.



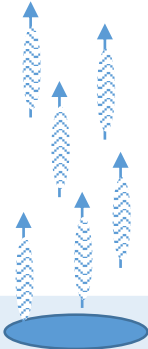
Soru 4- Yarkovskii etkisi

Uzay boşluğundaki cisimlerin ısı kaybetmelerinin en önemli mekanizması yaptıkları kara cisim ışımasıdır. Eğer bu cisimlerin her noktası aynı sıcaklıkta değilse farklı noktalardan yapılan ışımanın şiddetleri de farklı olacak, farklı yönlere salınan fotonların taşıdıkları momentum birbirine denk olmayacağı için cisim net bir kuvvet hissedecektir. Bu kuvvete Yarkovskii kuvveti adı verilir, gezegen boyutunda cisimler için kütle çekime göre ihmal edilebilir olsa da, astroid ve yapay uydular için çok önemlidir. Son zamanlarda bu etkinin Dünya'ya çarpma ihtimali olan astroidleri uzaklaştırmak için kullanılabileceği önerilmiştir. Bu soruda bu etkinin fiziksel temelleri incelenecektir.

A) Kara cisim ışıması sonucu kuvvet

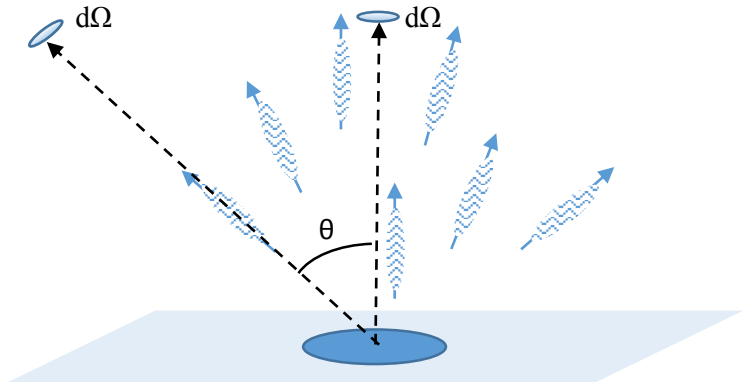
Stefan-Boltzmann yasasına göre bir kara cisimden yayılan ışmanın birim zamanda birim alandan yayılan enerjisi $J = \sigma T^4$ ile verilir. Çözümünüzde σ ve başka evrensel sabitleri kullanabilirsiniz.

A1) Eğer bütün karacisim ışıması yüzeye dik yönde salınan fotonlar ile yapılıyor olsaydı T sıcaklığındaki bir yüzeye etki edecek basınç (birim alana etki eden kuvvet) ne kadar olurdu? (2 puan)



(Işıma fotonlarla yapılır, fotonların enerjisi ile momentumları arasındaki bağıntıdan yararlanabilirsiniz)

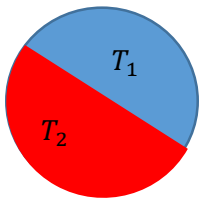
A2) Kara cisim ışıması sırasında fotonlar sadece yüzeye dik salınmazlar, yüzeyden uzaklaşan her yöne ışıma yapılır. Ancak, her yöne aynı



miktarda foton salınmaz. Yüzey normaliyle θ açısı yapan bir yöne giden foton sayısı $\cos \theta$ ile orantılıdır. Yüzeye dik yöndeki $d\Omega$ katı açısına birim zamanda dn tane foton geliyorsa, normale θ açısı yapan yöndeki $d\Omega$ katı açısına birim zamanda $\cos(\theta)dn$ tane foton düşmektedir.

Bu bilgiyi kullanarak T sıcaklığındaki yüzeye kara cisim ışıması sonucu etki edecek basıncı hesaplayın. (4 Puan)

B) Gökcismine etki eden toplam kuvvet



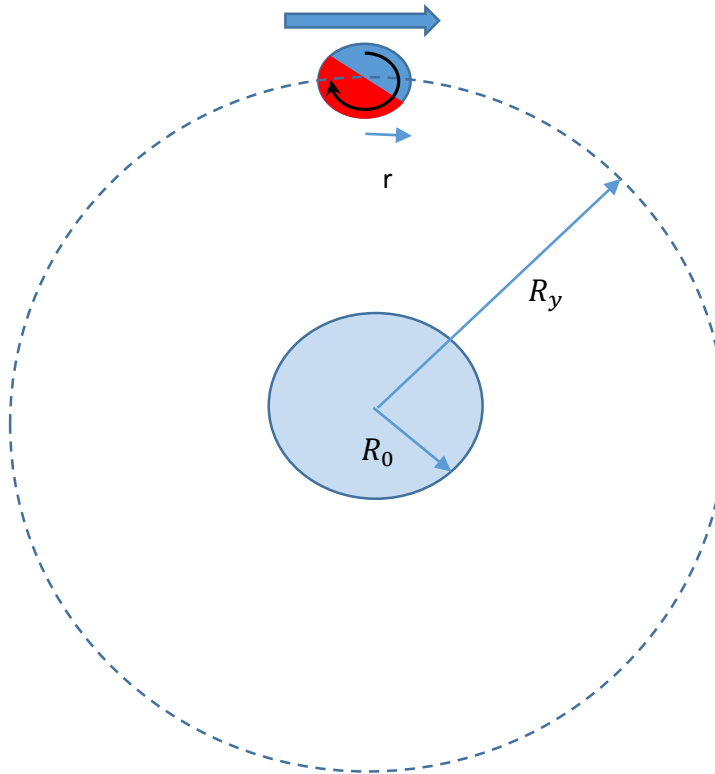
Uzay boşluğunda bütün kütle çekim ve foton kaynaklarından çok uzakta R yarıçaplı küresel bir astroid olduğunu kabul edelim. Bu astroidin bir yarımküresi T_1 diğer yarımküresi ise T_2 sıcaklığında ise astroide etki eden toplam kara cisim ışıması (Yarkovskii) kuvvetini hesaplayın, yönünü açıkça belirtin. (4 Puan)

C) Güneş etrafında yörüngedeki bir cismin üzerine etki eden kuvvet.

Güneş etrafında dairesel bir yörüngede olan küresel bir gökcismi düşünün. Eğer bu cisim kendi etrafında dönüş periyodu (günü) güneş etrafında dönüş periyoduna (yılı) eşit olursa güneşe bakan yüzünde sıcaklıklar karanlık yüze göre çok daha yüksek olacaktır. Sıcaklığın en fazla olduğu nokta güneşin tam tepede olduğu nokta olacaktır. Bu durumda Yarkovskii kuvveti güneşin kütle çekimi ile aynı doğrultudadır.

Ancak pek çok gökcismi için gün süresi yıl süresinden çok daha kısadır. Ayrıca gökcisminin yüzeyini oluşturan maddelerin ısı sığası ve sınırlı ısı iletkenliği yüzünden yüzey sıcaklığı güneşin tepede olduğu noktalarda değil 'öğleden sonra' saatlerini yaşayan noktalarda maksimumdur. Bu durumda Yarkovskii kuvveti dairesel yörüngeyi bozabilir.

Gökcisiminin kendi etrafında dönüş eksenini ile yörünge ekseninin paralel olduğunu kabul edelim. Kendi etrafında dönüş periyodunu 24 eşit dilime bölüp bu dilimlere saat diyelim. Gökcisminin yüzeyindeki sıcaklık dağılımı için de şu basit modeli kullanalım. Güneş doğduktan 2 saat sonra sıcaklık aniden T_1 den T_2 ye yükseliyor ve 12 saat sabit kalıyor. Güneş battıktan 2 saat sonra sıcaklık T_1 e düşüyor ve 12 saat sabit kalıyor.



C1) Güneşin sıcaklığı T_0 , yarıçapı R_0 , gökcisminin yarıçapı r , ve dairesel yörüngesinin yarıçapı R_y ise ortalama yüzey sıcaklığı $(T_1+T_2)/2$ yi T_0, R_0, R_y, r ve evrensel sabitler cinsinden hesaplayın. Güneşin ve gökcisminin ideal kara cisim olduğunu kabul edebilirsiniz, ortalama sıcaklığın iki yarıküre arası sıcaklık farkından çok yüksek olduğunu da. (3 puan)

C2) Eğer yüzey sıcaklığı verilen basit modele uyuyorsa Yarkovskii kuvvetinin yörüngeye teğet olan bileşenini hesaplayın. (1 puan)

C3) Yarkovskii etkisinin demir (metal) bileşeni yüksek bir astroid

için mi yoksa buz bileşeni yüksek bir astroid için mi daha kuvvetli olmasını beklersiniz? Açıklayınız. (1 puan)