



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
BİLİM İNSANI DESTEK PROGRAMLARI BAŞKANLIĞI**

**ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI
İKİNCİ AŞAMA SINAVI
2018**

24 Kasım 2018 Cumartesi, 9.30-14.00

ADAYIN ADI SOYADI :
T.C. KİMLİK NO :
OKULU / SINIFI :

SINAVLA İLGİLİ UYARILAR:

- Sorular zorluk sırasında DEĞİLDİR. Dolayısıyla yanıtlamaya geçmeden önce bütün soruları gözden geçirmeniz önerilir.
- Sınav süresince görevlilerle konuşulması ve soru sorulması, öğrencilerin birbirlerinden kalem, silgi vb. şeyler istemeleri yasaktır.
- Bu sınavda sorulan soruların üçüncü kişiler tarafından kullanılması sonucunda doğacak olan hukuki sorunlardan TÜBİTAK ve Olimpiyat Komitesi sorumlu tutulamaz. Olimpiyat Komitesi, bu tip durumlarda sorular ile ilgili görüş bildirmek zorunda değildir.
- Sınav sırasında kopya çeken, çekmeye teşebbüs eden ve kopya verenlerin kimlikleri sınav tutanağına yazılacak ve bu kişilerin sınavları geçersiz sayılacaktır. Görevliler kopya çekmeye veya vermeye kalkışanları uyarmak zorunda değildir, sorumluluk size aittir.
- Sınav başladıktan sonraki ilk yarım saat içinde sınav salonundan ayrılmak yasaktır.
- Sınav süresince resimli bir kimlik belgesini masanızın üzerinde bulundurunuz.
- Sınav salonundan ayrılmadan önce cevap kâğıdınızı, karalama kâğıtlarınızı ve soru kitapçığını görevlilere teslim etmeyi unutmayınız. Sınav salonundan herhangi bir kâğıt çıkartmayınız.
- SINAVDA SADECE **MAVİ TÜKENMEZ KALEM** KULLANINIZ.
- Çözüm kâğıtlarınızda okunmasını istemediğiniz kısımları kutucuk içerisine alıp, üzerine çarpı (x) işareti çiziniz.
- Okunmasını istemediğiniz kâğıtlarının üzerine sayfayı kaplayacak şekilde çarpı (x) işareti çiziniz.
- Çözüm kâğıtlarının sadece ön yüzünü kullanınız ve üst kısımdaki gerekli bilgileri muhakkak doldurunuz. Sayfa no kısmını doldururken; çözmekte olduğunuz sorunun kaçınıcı sayfasında olduğunuz / o sorunun toplam sayfa sayısı şeklinde doldurunuz. Örneğin 2.soruyu çözerken soru no kısmına 2 yazılacak, eğer soru toplam 3 sayfada çözülmüşse kâğıtların sayfa no kısımları 1/3, 2/3 ve 3/3 şeklinde doldurulmuş olması gerekir.

Başarılar Dileriz

SORU 1: Elektriksel Delinme (20 puan)

İki iletken nesnenin yalıtkan bir ortamla ayrıldığı düzeneklere elektrot sistemi denir. Pozitif elektrotun anot, negatif elektrotun katot olarak anıldığı bu sistemde elektrotlara uygulanan voltaj değeri eğer belli bir değeri aşarsa aradaki yalıtkan ortam yalıtkanlığını kaybeder ve elektrik akımını ileten iletken bir ortama dönüşür. Kısaca yalıtkanlığın kaybedilmesi olarak tanımlanan bu olaya elektriksel delinme denir. Bu soruda elektriksel delinme olayının nasıl gerçekleştiğini ve hangi faktörlerden nasıl etkilendiğini inceleyeceğiz.

Olayı daha basit bir duruma indirgemek adına elektrotların düzgün plakalar olduğunu kabul edelim. Aralarında, plaka boyutuna kıyasla çok küçük, bir d mesafesi olan A yüzey alanına sahip bu elektrot sistemine V voltaj farkı uygulanmaktadır. Hava ortamında bulunan bu sistemde, atmosferdeki kozmik radyasyondan dolayı katottan bazı elektronlar harekete başlayıp elektrik alanında etkisi ile anota doğru ilerlemektedir. Bu süreçte yolları üzerindeki gaz molekülleri ile çarpışıp onlardan elektron koparmayı başardıkları için anota doğru ilerleyen elektron sayısı yol üzerinde sürekli artmaktadır. Yolda artan elektron sayısını bulmak için α isimli bir katsayı tanımlanmaktadır. Towsend'in birinci iyonizasyon katsayısı olarak tanımlanan α , elektrik alan doğrultusunda birim uzunlukta bir elektron tarafından oluşturulan yeni elektronların sayısını göstermektedir. Yani $\alpha = dn_x/(n_x dx)$ ifadesi ile tanımlanır. Burada n_x terimi katottan x mesafe ilerdeki dx kalınlığındaki bir mesafeden birim zamanda birim alandan geçen elektron sayısını vermektedir. Katottan birim zamanda birim alandan kozmik radyasyon sonucu yola çıkan elektron sayısı n_0 'dır. Not: Bundan sonra bahsedilen tüm elektron sayıları, birim zamanda birim alandan geçen elektron sayıları anlamına gelecektir.

- a. Anota ulaşan elektron sayısını n_0 , α ve d cinsinden bulunuz.

Aslında anota ulaşan elektron sayısı yukarıda bulduğunuzdan daha farklıdır. Pozitif iyonlar çarpışma ile elektron üretecek kadar yüksek bir kinetik enerjiye sahip olmasalar bile katottan elektron koparacak kadar yüksek potansiyel enerjiye sahiptirler. Aynı zamanda uyarılmış atomlar foto emisyon yoluyla, yarı kararlı moleküller ise katotta etkileşerek yeni elektronların üretilmesine imkan sağlarlar. Bahsedilen bu üç yöntemle üretilen elektronlara ikincil elektron denir.

İkincil elektronların sisteme katkısını modellemek için, Towsend'in ikinci iyonizasyon katsayısı olarak adlandırılan bir γ katsayısı tanımlanır. Bu γ katsayısı katottan çıkan ikincil elektron sayısının (n_0'), katot ile anot arasında çarpışma yolu ile oluşan elektron sayısına olan oranına eşittir. Yani bu durumda katottan $n_0 + n_0'$ kadar elektron yola çıkmakta ve elektronlar yoldayken α şıkında olduğu gibi α katsayısı ile bağlantılı olacak şekilde yeni elektronlar üretilip anota ulaşmaktadır.

- b. n_0' ifadesini ve anota ulaşan toplam elektron sayısını n_0 , α , γ ve d cinsinden bulunuz.

Elektriksel delinme dediğimiz olay, birim zamanda anota ulaşan elektron sayısının sonsuza yaklaşması demektir. Yani aradaki yalıtkan hava ortamı yalıtkanlığını kaybedip çok yüksek bir akımın geçmesine izin vermektedir.

- c. b şıkında bulduğunuz anota ulaşan elektron sayısı ifadesinden elektriksel delinme kriterini, Towsend elektriksel delinme kriteri olarak da biliniz, belirleyiniz.
- d. Bu kriteri sağlayan α katsayısını γ ve d cinsinden bulunuz.

Not: Eğer d şıkında cevabı bulamadıysanız $\alpha = K/d$ olarak soruya devam edebilirsiniz.

Burada K rastgele bir sabittir.

Elektriksel delinme olayı ortam şartlarına bağlıdır. Ortamın basıncı delinmenin yaşanacağı voltaj değerini değiştirebilir. Aynı zamanda önceki şıkta bulduğunuz α katsayısı da ortama göre değişkenlik gösterir. α katsayısının formülü aşağıdaki gibi verilir;

$$\alpha = APe^{-\frac{BP}{E}}$$

Burada A ve B sayıları birer sabit olup, P ortam basıncını E ise plakalar arasındaki düzgün elektriksel alanı ifade etmektedir.

- e. Delinmenin yaşanacağı V gerilmesini A , B , P , d ve γ cinsinden bulunuz.
- f. Delinme voltajının $(P.d)$ 'ye karşılık bir grafiği çizildiğinde bir minimum değeri olduğu görülmektedir. Bu minimum delinme geriliminin ifadesini A , B ve γ cinsinden bulunuz.

Bulduğunuz bu denklem teorik hesaplar sonucunda elde edilmiştir. Yüksek voltaj laboratuvarlarında yapılan çok sayıdaki deney sonucunda delinme voltajı için deneysel bir denklem türetilmiş olup, bu denklem aşağıdaki gibidir;

$$V = F\delta d + Q\sqrt{\delta d}$$

Burada F ve Q sabit sayılardır. d plakalar arası mesafe olup δ ise bağıl hava yoğunluğudur.

$$\delta = \frac{P}{P_0} \frac{273 + T_0}{273 + T}$$

Burada P ortamın basıncı, P_0 ise atmosfer basıncı 760 mmHg'dir. T ortamın sıcaklığı olup T_0 ise test ortamı sıcaklığı olan 20°C'dir. Sıcaklıklar °C cinsindedir.

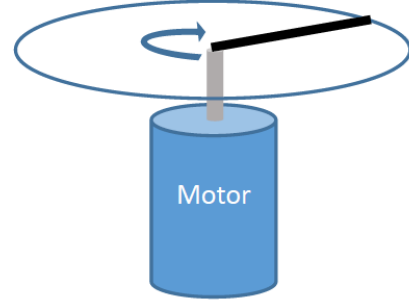
- g. Yukarıda verilen deneysel denklemi kullanarak havanın delinmeden dayanabileceği maksimum elektrik alanının d 'ye karşılık grafiğini çiziniz.

Laboratuvar ortamında yapılan bazı deneylerde $P=682$ mmHg basınçta $d=12$ mm ve $T=25^\circ\text{C}$ için delinme geriliminin 37140 V olduğu gözlemlenmiştir.

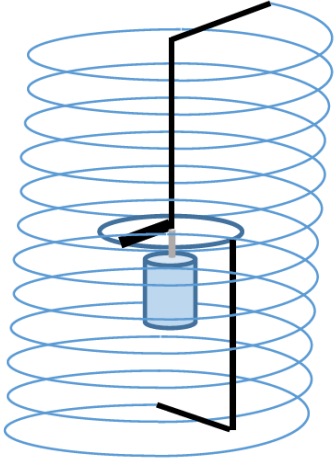
- h. $T=25^\circ\text{C}$ için $P=545.6$ mmHg yapıp d ise 15 mm'ye çıkarılırsa deneysel olarak elde edilecek delinme voltajını bulunuz.
- i. $T=35^\circ\text{C}$ için $P=717$ mmHg yapılıyor. Delinme voltajının 37140 V olması için plakalar arası mesafe ne olmalıdır?

SORU 2: Dinamo Modeli (13 puan)

Yarıçapı a olan iletken bir tel çember ve çemberin merkez noktası etrafında sürtünmesizce dönebilen metal bir çubuktan bir mekanizma kurulmuştur. Bu metal çubuk merkez ile çember arasındaki elektriksel bağlantıyı sağlamaktadır, boyu a , döndüğü uca göre eylemsizlik momenti J_c ve uçtan uca elektriksel direnci R olarak verilmiştir. Çubuk alttaki bir motor tarafından döndürülebilmektedir.

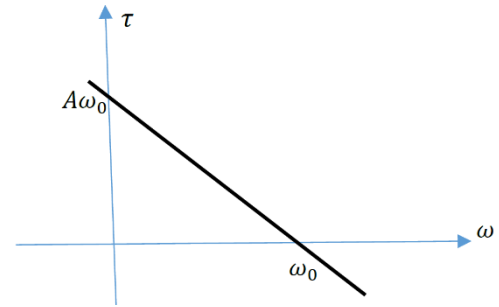


Bu mekanizma direnci ihmal edilebilecek tellerle yine direnci ihmal edilebilir bir solenoidin içerisine eş eksenli olacak şekilde yerleştiriliyor. Solenoidin (şekilde gösterildiğinin aksine) sıkı sarıldığı, boyu h 'nin yarıçapı b 'ye göre çok uzun olduğunu ve birim uzunluktaki sarım sayısının n olduğunu kabul ediniz. (Solenoidin indüktansını bu değerler cinsinden ifade edip daha sonra L olarak kullanabilirsiniz).



a. Mekanizmanın içerisindeki motorun çubuğu sabit ω_0 açısal hızı ile çevirdiğini kabul edin. Eğer sürtünme ihmal edilirse çubuğu döndürmek için torka gerek kalmayacaktır, devrede de bir akım oluşmayacaktır. Ancak ω_0 bir kritik değer üzerinde ise, devrede oluşacak küçük bir akım dalgalanması büyüyecek ve sistem kendi kendine manyetik alan üretir hale gelecektir. Bu durum için kritik dönüş frekansı ω_c nedir? Cevabınızı R , a , n ve μ_0 cinsinden veriniz. (Not: Dönen sistemlerin nasıl kendi kendilerine manyetik alan üretmeye başladıklarını açıklamak için kullanılan bu modelin adı dinamo modelidir. Dünyanın manyetik alanının da bu şekilde oluştuğu düşünülmektedir.)

b. Kritik frekans üzerindeki ω_0 frekansları için sistemdeki küçük manyetik alan hızla büyüyecek bir süre sonra motor çubuğu döndürebilecek torku sağlayamaz hale gelecektir. Motorun sağladığı açısal hız yönündeki torku yandaki tork-açısal hız grafiğine göre modellersek sistemin ulaşacağı son akım değeri I_{son} ne olacaktır? Cevabınızı R , A , ω_0 , ω_c cinsinden ifade ediniz.



c. Sistemin (b) şıkında bulunan dengede durumunda motor ne kadar güç harcamaktadır? Cevabınızı A , ω_0 , ω_c cinsinden ifade ediniz.

d. Sistemdeki akımın (b) şıkında bulunan denge durumundan hafifçe sapması sonrası oluşacak açısal hız titreşimlerinin frekansını veren diferansiyel hareket denklemini yazınız. Çözmeyiniz. Cevabınızı I_{son} , A , ω_c , R , L , J_c cinsinden veriniz.

SORU 3: Maxwell-Boltzman Dağılımı (20 puan)

Maxwell-Boltzman dağılımı, mekanik ve termodinamik denge şartlarını göz önünde bulundurarak, basınç, konsantrasyon veya sıcaklığın yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğini gösterir. Bu soruda iki farklı termodinamik durum için dağılım ifadelerini ve örnek birer olay incelenecektir. İki durumda da atmosferin düzlemsel ve sonsuz uzunlukta olduğu, yüzeydeki basıncın P_0 , tanecik konsantrasyonunun n_0 ve sıcaklığın T_0 olduğunu kabul ediniz.

1. **Durum:** Atmosferdeki her noktanın aynı T_0 sıcaklığında sabit olduğunu kabul ediniz. Soruda kullandığınız büyüklükleri tanımlamak koşulu ile istediğinizi kullanabilirsiniz. Yerçekimi ivmesi g 'dir.
 - a. Yüzeyden h yüksekliğindeki bir noktada tanecik konsantrasyonu nedir?
 - b. Atmosferdeki taneciklerin ortalama potansiyel enerjisini Boltzman sabiti k ve T_0 cinsinden bulunuz.
2. **Durum:** Sıcaklığın sabit olmadığını, adyabatik sürece uygun şekilde değiştiğini kabul ediniz. Havanın molar kütlesi μ , adyabatik katsayısı γ ve evrensel gaz sabiti R 'dir.
 - c. Yerden h yüksekliğindeki T_h sıcaklığını T_0 , g , μ , γ , h ve R cinsinden bulunuz.

Bu şartlar altında yerden bir hava balonu yükselmeye başlıyor. Balonun dış malzemelerinin kütlesi ihmal edilebilir ve bu yüzden balonun kütlesi ve hacmi, içindeki gazın kütlesi ve hacmi olarak kabul edilebilir. Balonun içindeki gazın molar kütlesi μ_b ve adyabatik katsayısı γ_b 'dir. Balon yerdeyken içindeki gazın sıcaklığı yerdeki sıcaklık T_0 ile aynıdır. Havanın sabit basınçtaki molar ısı sığası C_p , balon gazının C_{pb} olup, $f = C_p/C_{pb}$ olarak tanımlanmıştır. $f > 1$ 'dir. Havanın yüksekliğe bağlı olarak sıcaklığı c şıkkındaki gibi değişmektedir. Balonun yapıldığı malzeme dış ortam ile ısı alışverişine izin vermediği için balon içerisindeki gazın sıcaklığının yüksekliğe bağlı ifadesi aşağıdaki şekilde verilmiştir;

$$T_B = T_0 \left(1 + \frac{Kh}{T_0} \right)^f$$

Burada $K = \frac{\Delta T_h}{\Delta h}$ olup hava sıcaklığının yüksekliğe bağlı olarak değişim hızıdır. Balon yavaş bir şekilde atmosferde yükselirken belirli bir yükseklikte dengede kalabilmekte ve bu denge konumu etrafında küçük titreşimler yapabilmektedir.

- d. Balonun yaptığı küçük titreşimlerin periyodunu T_0 , g , μ , μ_b , f ve C_p cinsinden bulunuz.

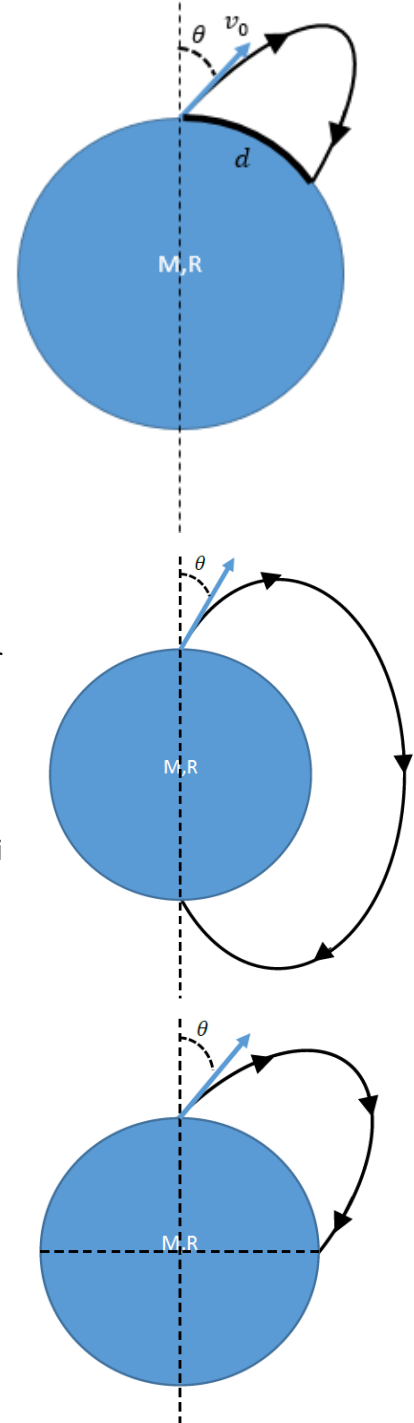
SORU 4: Eliptik Yörünge (20 puan)

M kütleli ve R yarıçaplı küresel bir asteroidin kuzey kutup noktasından küçük bir taş ilk sürati v_0 ve hız vektörünün eksen ile yaptığı açı θ olacak şekilde atılıyor. Asteroidin atmosferi olmadığı için taşın atıldıktan sonraki hareketi sadece asteroidin kütle çekimi etkisinde olacak, dolayısıyla Kepler kanunlarına uyacaktır.

- a. θ açısı 0 olduğunda taşın asteroide tekrar geri dönüp dönmeyeceği süratinin kaçış süratinden büyük olup olmamasına bağlıdır. Kaçış sürati v_e yi, hesaplayınız.

Sorunun geri kalanında ilk süratin kaçış süratinden küçük olduğunu kabul ediniz. Sonuçlarınızı birimsiz olan hız değişkeni $u = \frac{v_0}{v_e} < 1$ cinsinden hesaplamamız işinizi kolaylaştıracaktır. Bu koşul sağlandığında Kepler kanunlarına göre yörünge bir elipstir.

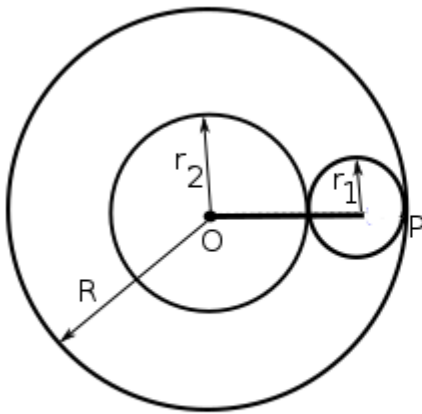
- b. Taşın yapacağı hareket sırasında asteroidin merkezinden en uzak bulunacağı mesafeyi hesaplayınız.
- c. Taşın düşeceği noktanın kuzey kutbundan asteroid yüzeyindeki uzaklığı (şekilde d olarak gösterilmiştir) hesaplayınız. Sonucunuzu sadece u, θ, R cinsinden ifade ediniz.
- d. Bir önceki şıktaki menzil formülünün küçük hızlar için sabit yerçekimi ivmesi g altındaki menzil ifadesi $d = \frac{2v_0^2}{g} \sin\theta \cdot \cos\theta$ ya dönüşmesini bekler misiniz? Cevabınız evet ise yaklaşım yaparak bu ifadeyi elde ediniz, hayır ise fiziksel sebebi açıklayınız.
- e. Taşın kuzey kutbundan güney kutbuna erişmesini istiyorsak ve atışı 45 derecelik θ açısı ile yaparsak ilk hız ne olmalıdır?
- f. Taşın kuzey kutbundan tam ekvatora düşmesini sağlayacak bir atış için θ açısı minimum bir değerden fazla olmalıdır. Altındaki açılar için hangi ilk hız verilirse verilsin ekvatorun vurulamayacağı bu kritik açıyı bulun.
- g. Eğer ilk hız $u = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ise asteroid üzerindeki her noktayı vurmak mümkündür, ispatlayınız.



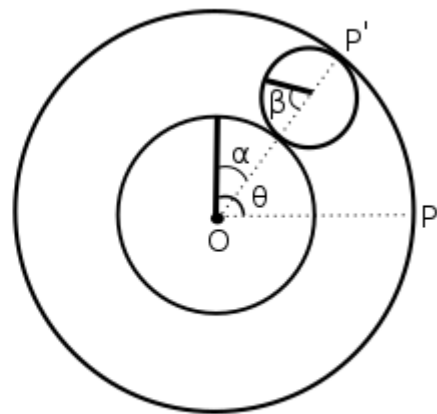
SORU 5: Dönen Silindirlere (15 puan)

R ve r_2 yarıçaplı silindirlere eş eksenslidirler. İkisinin arasındaki boşluğa, içteki ve dıştaki silindire teğet olacak şekilde, ortadaki silindir ile birlikte kaymadan yuvarlanabilen r_1 yarıçaplı bir başka silindir yerleştiriliyor. Sistemin başlangıç anını Şekil 1 deki durumda hareketsiz olarak kabul edelim. İçteki silindirin eksenine T_0 büyüklüğündeki tork uygulanıyor ve içteki silindir ilk konumundan θ kadar döndürülüyor. İçteki silindirin kütlesi M_2 , küçük silindirin kütlesi M_1 'dir. Dıştaki R yarıçaplı silindir sabitlenmiştir.

- Son konumda (Şekil 2) r_1 yarıçaplı ve r_2 yarıçaplı silindirlerin üzerlerindeki çizgilerin OP' doğrusu ile yaptıkları açıları (α ve β); r_1 , r_2 ve θ cinsinden bulunuz.
- r_1 yarıçaplı silindirin açısal hızını r_1 , r_2 ve $d\theta/dt$ cinsinden bulunuz.
- T_0 torkunun T süre ile uygulandığını kabul edelim. Her bir diskin T süre sonundaki açısal hızlarının değerlerini T_0 , M_1 , M_2 ve yarıçaplar cinsinden bulunuz.



Şekil 1



Şekil 2

SORU 6: Elastik-Inelastik Çarpışma (12 puan)

Sürtünmesiz yatay bir düzlem üzerinde duran homojen $3m$ kütleli $4L$ boyundaki bir çubuğa, bir ucundan L kadar içeriden, m kütleli ve v_0 hız büyüklüğüne sahip bir cisim esnek olarak çarpmaktadır. Çarpışmadan sonra çubuğun açısal hızı w' 'dir. Eğer m kütleli cisim çubuğun merkezinden x kadar uzağından çarpıp yapışsaydı sistemin açısal hızı $19w/28$ olacaksa, x kaç L 'dir? Kaybolan enerjisinin ilk enerjisine oranı nedir? (m kütleli cisim çubuğa dik olarak çarpmaktadır.)