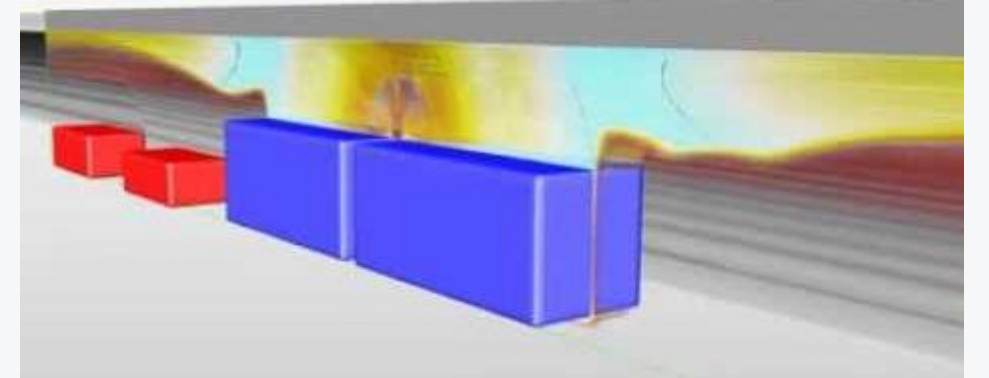
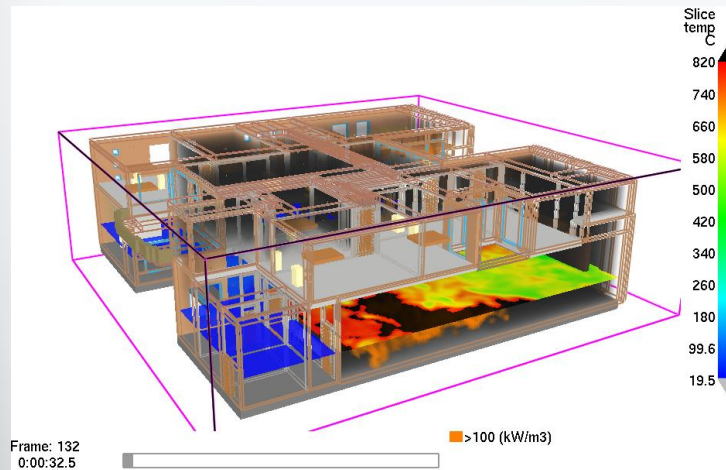
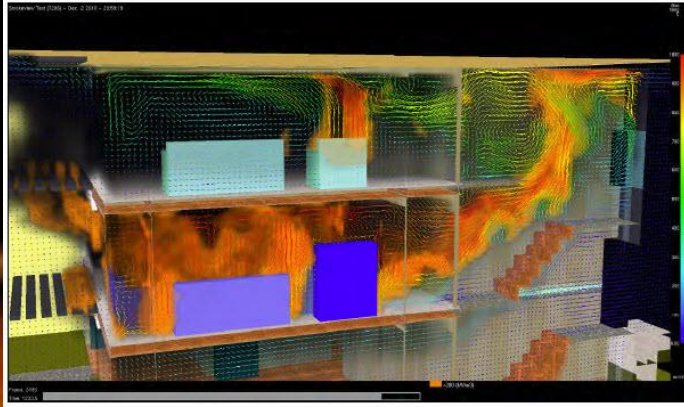
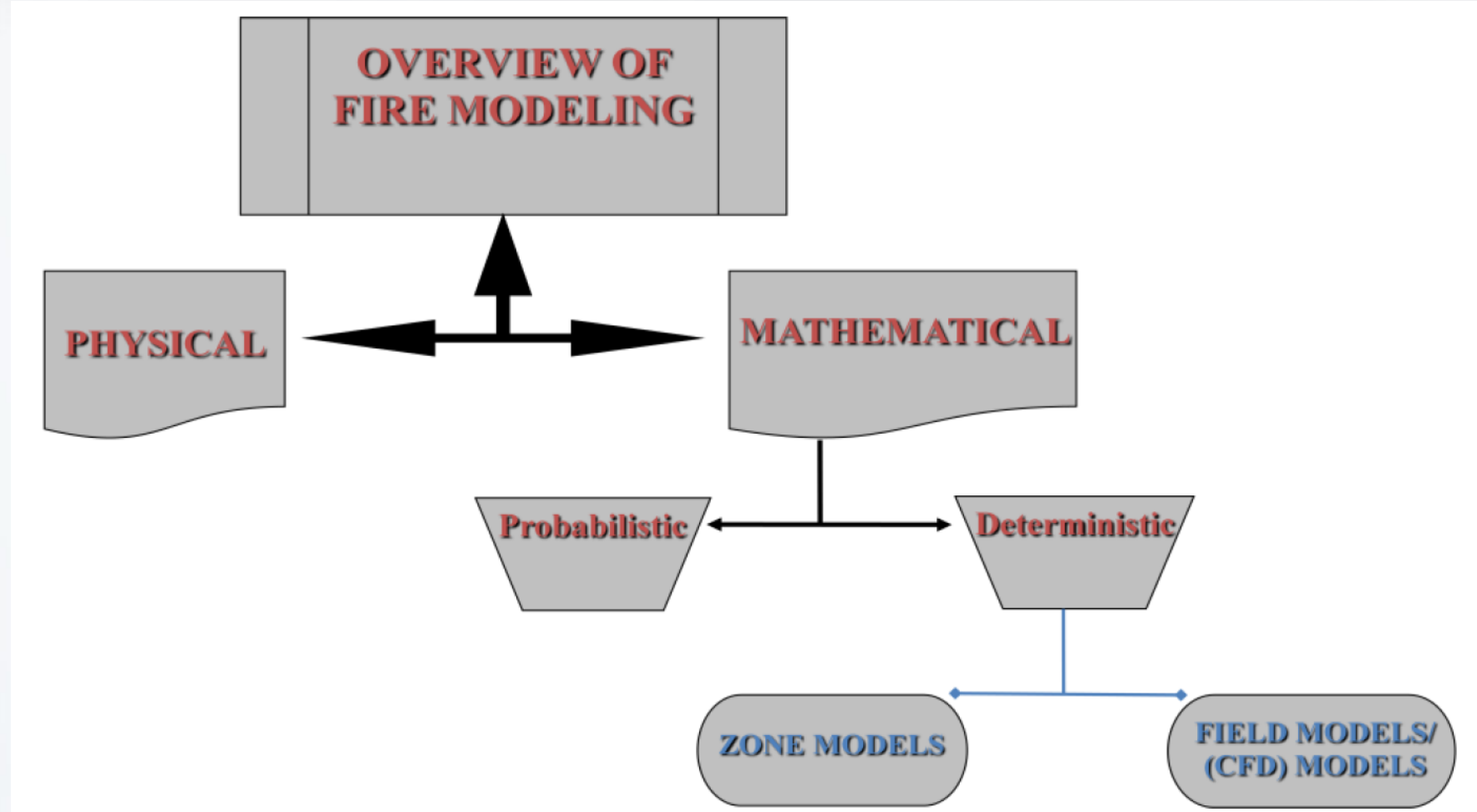


YANGIN SİMÜLASYONLARI

Dr. Gökhan COŞKUN



Yangın Simülasyon Teknikleri



Yangın Nedir ?

Yangın (Fire): Tutuşmanın veya yanmanın bir hali

Yanma (Combustion): Yakma işleminin prosesi veya eylemi.

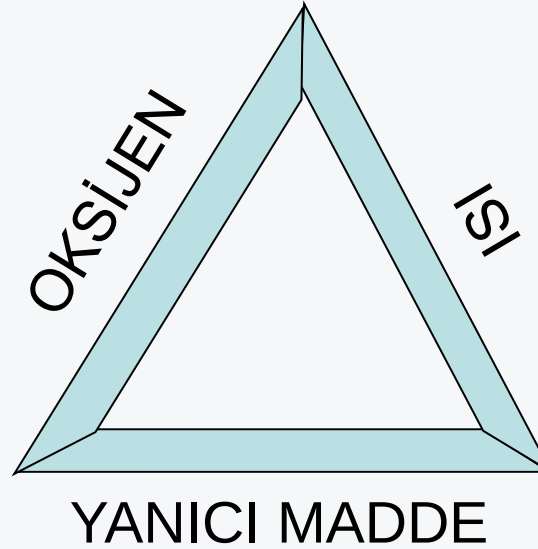
Oksidasyon (oxidation) : Yanıcı maddenin oksijen ile kimyasal kombinasyonu

Tüm bu açıklamaları pratikteki yangın anlayışımız ile birleştirdiğimizde şu şekilde genel bir açıklama ortaya çıkmaktadır:

Yangın yakıt ve atmosferik oksijenin kimyasal reaksiyon içerir. Bir kere başladığında kendi kendini beslemeye (yangının başlaması için gerektiren ısı enerjisini sürekli ortaya çıkaran) devam eden, yüksek sıcaklık ve ısı ve ışık yayan kontrolsüz yanma olayına denir.

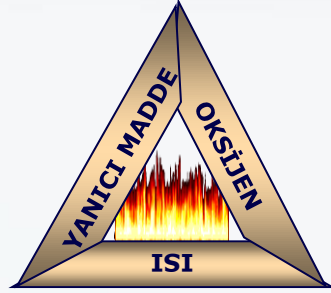
Yangın üçgeni

Yanma olayının oluşabilmesi için aşağıdaki yanıcı madde, ısı ve oksijenin bir arada bulunması gerekir. Bu olaya “Yangın Üçgeni” adı verilir.

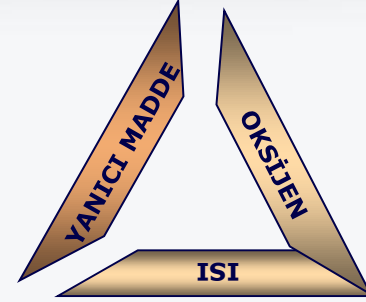


(Yanıcı Madde + Oksijen + Isı)

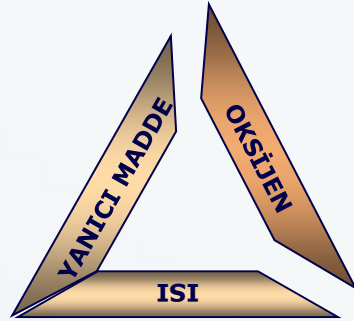
YANMA KOŞULLARI



Her üç şart bir arada ve yeter miktardadır. O halde yanma olayı vardır.



**Yanıcı madde yoktur.
Yanma yoktur.**



**Oksijen yoktur veya yeterli miktarda değildir.
Yanma da yoktur.**



**Isı yoktur veya yeterli değildir .
Yanma yine yoktur.**

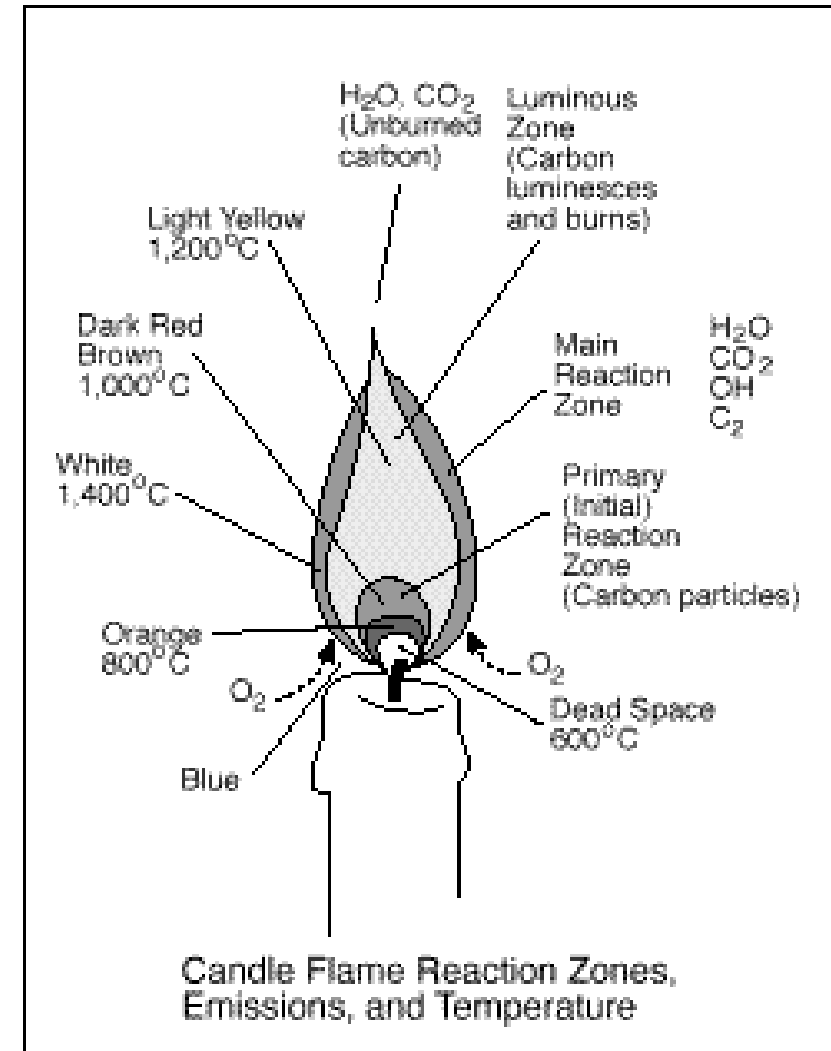
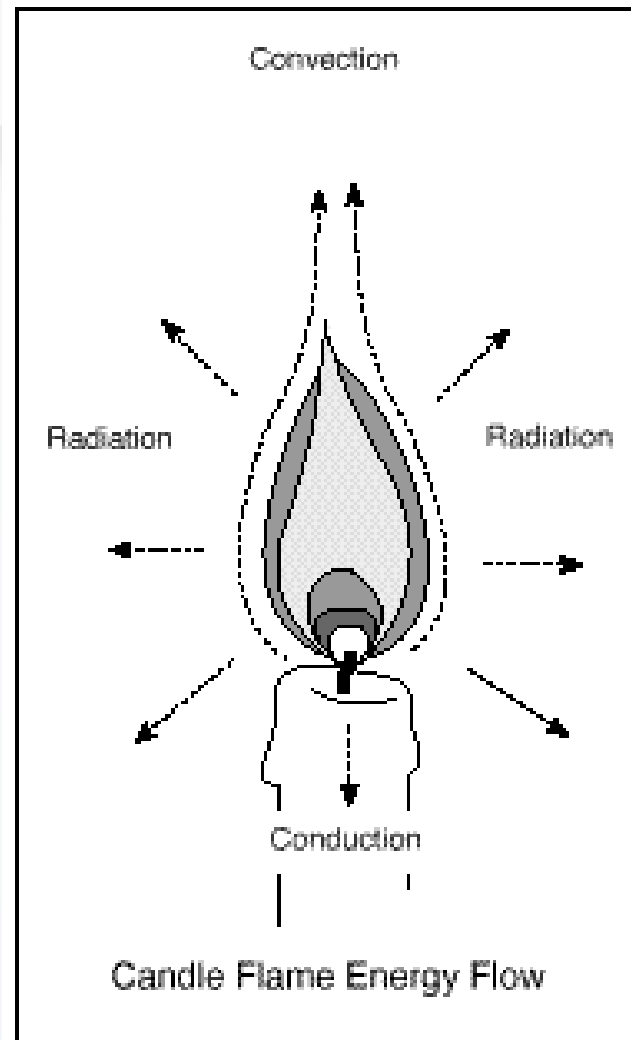
Oksitleyici

Kuru hava % 20.95 O₂ ve % 78.9 N₂ den oluşmaktadır.

- Odalarda veya mekanlarda bulunan mobilya yangınlarından çıkan egzoz gazları oksijenin yanıcı madde ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır.
- Bu durumlarda kapılar, pencereler gibi havalandırma yapılabilen bölgeler kritik öneme sahiptirler.
- Oksijenin yokluğu yangının büyümesini baskılamakta ve yanmanın doğal prosesini değiştirebilmektedir. Bu yangınlar **HAVALANDIRMA CONTROLLÜ** olarak isimlendirilirler.
- Yangı bazen görünürde alevsiz de olabilmektedir.
- Bazen Sıcaklık yüksek iken ve yakıt yanmamış katı yakıt ve gaz fazında yanıcı ürünlerden oluşabilmektedir.
- Bu durumda yangın üçgeninin 3. bileşeni olan oksijen odaya girdiğinde, oda aniden alev ile kaplanabilir. Bu durum **YANGIN PATLAMASI** olarak bilinmektedir.

Yakıt

- Tipik bir ev odası yakıt ile doludur, örneğin; mobilyalar, halılar, kitaplar, duvar kaplamaları (boya ve duvar kağıtları), perdeler, dekoratif mobilyalar, duvarlar, zemin ve zemin kaplamaları, çatı ve son olarak bina sakinleri !!!
- Bir döşemeli koltuk, koltuğu oluşturan ahşap iskelet ve poliüretan sünger dolgunun toplam 52 kg geldiğini varsayarsak bir yangın esnasında (300 saniye içerisinde) 3.2 MW ısı açığa çıkarabilmekte ve yangının en alevli anında 4.5 kg/s CO üretimi olabilmektedir.
- Yakıtlar fiziksel olarak üç fazda olabilmektedirler, **GAZ, SIVI VE KATI**
- **Havada bulunan** O_2 ile reaksiyon sonucu oluşan alev, yanma ürünleri ve ısı açığa çıkarmaktadır. Görünmez alev bölgesinde kimyasal reaksiyonların ortaya çıkmaktadır yani alevin bir **GAS FAZINDAKİ BİR FENOMEN** olduğu bilinmektedir.



Candle flame diagrams adapted from "The Science of Flames" poster, National Energy Foundation, Salt Lake City, UT.

Yakıt

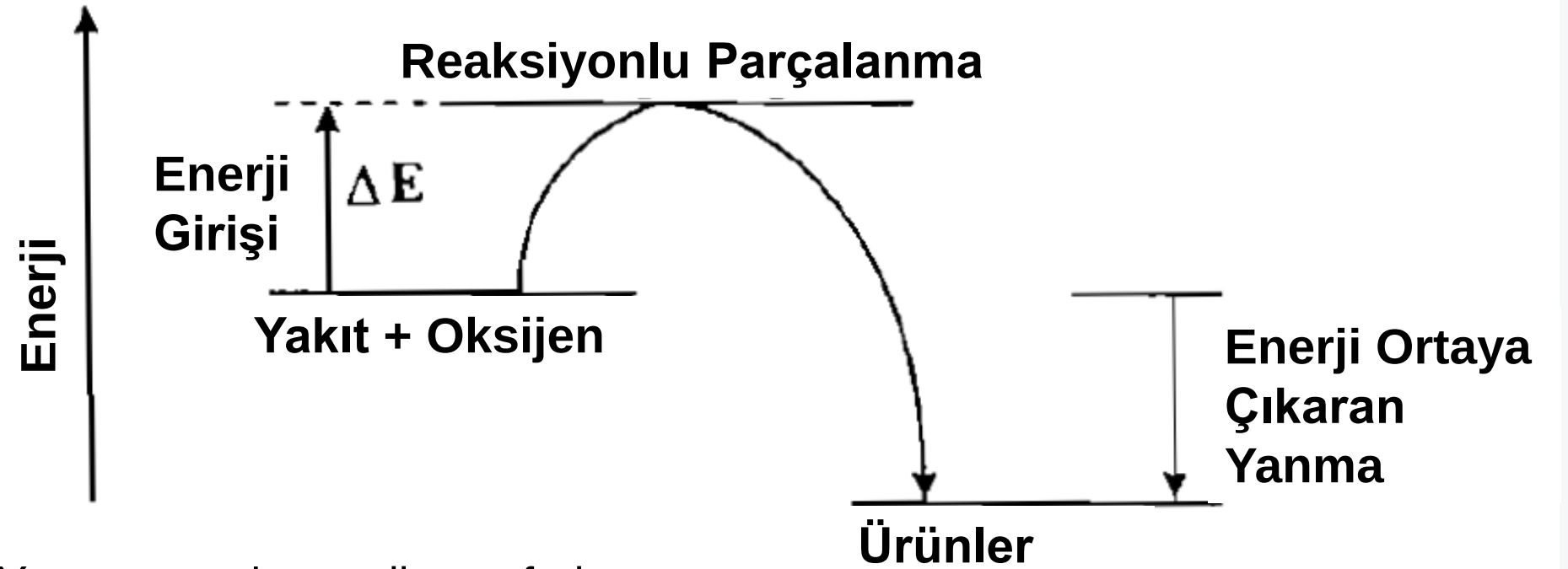
- Parlamalı yangınlarda katı ve sıvı yakıtlar gaz fazında geçmek zorundadırlar.
- Sıvı yakıtlar bu duruma buharlaşmalı kaymana ile ulaşırlar.
- Katı yakıtlar için, katı yakıt kimyasal olarak **ISILKIRIM (PYROLSIS)** yolu ile ayrışarak uçucu gazları oluştururlar.
- Tüm yakıtlar yanma esnasında ısı ve ışığa dönüşecek kimyasal enerjiyi içermektedirler.
- Birçok yakıt C ve H içerir ve verimli bir şekilde yandıklarında başlangıç hava yakıt karışımından daha az enerjiye sahip olan CO₂ ve H₂O'yu oluştururlar. Yatakitin yanması aşağıdaki temel kimyasal denklem ile tanımlanabilir:



Isı

- Bir araç tepeden aşağı toplam enerjisini azaltarak inecektir ve böylece daha stabil bir duruma erişecektir.
- Kimyasal karışımlar eğer enerjilerini düşürecek bir değişim gösterirlerse bu olay onları daha stabil bir duruma getirecektir.
- Bir odun yığını kendiliğinden yanamaz onu yakacak, yanma başlangıcını verecek bir ısı kaynağına (aktivasyon enerjisine) ihtiyaç duyar.
- Yanmayı başlatmak için tutuşmaya ihtiyaç vardır. Bina yangınlarında bu kaynak elektrik kaçaklarından oluşabilecek ark, dikkatsizce atılmış sigara izmariti gibi kaynaklardan başlayabilir. Bir kere yanma başladı mı geri kalan tüm yakıtı yakmak için gereken aktivasyon enerjisini kendiliğinden sağlamış olur. Yanma yakıt ve oksijen kaynağı olduğu müddetçe kendi kendine devam eden bir olaydır.

Isı



Yangın anında enerji transferi

Isı

- Yangın yakıtın ve oksidantın ideal bir şekilde hazırlanmadığı veya kurgulanmadığı kontrolsüz yanmaya bir örnektir.
- Yangınlarda genellikle tamamlanmayan ve verimsiz bir şekilde ısı üreten, karakteristik olarak sarı alevli ve çok miktarda ürün oluşturan yanma olaylarını içermektedir..

Yangın Güvenliđi ve Yanma YL Programı Nedir?

Binaların tasarımında estetik, mühendislik ve ekonomik kaygılar birlikte göz önüne alınır.

Mimari detaylar ile yangın güvenliği **KURALLI YAPI KODLARI** ile bağlantılıdır.

Geçmişte yaşanmış sebebi bilinen yangınlardan sağlanan deneyimler ve bilgiler yönetmeliklerin düzenlenmektedir.

Bu durum bilinen öncüler ile bilginin açığa çıkmasının bağlaşımını tanımlamaktadır.

Yangın Güvenliđi ve Yanma YL Programı Nedir?

Geçtiđimiz 25-30 yıl boyunca yangının nasıl ve insanların yangınla olan ilişkileri ve davranışları üstüne temel bilimsel bilgiler ciddi derece artmıştır.

Yangın anlayışını **tarihsel/tecrübi** → **bilimsel/öngörülen** perspektife dönüştürmek.

Son yıllarda bu değişim kendini **PERFORMANS ESASLI YAPI**'ya doğru yönelerek açığa vurmaktadır.

Yangın Güvenliđi ve Yanma YL Programı Nedir?

Yangın Güvenliđi ve Yanma (YGY) 'nin rolü → çözüm bulmak → matematiksel modelleri kullanmak

Böylece geliştirilmiş çalışmanın uygulanması ve fiziksel çevre daha verimli bir yaşam ve mülkiyet emniyetini sağlamaktadır.

Bunu sağlamak için geniş kapsamlı disiplinler arası çalışma gerekmektedir. Bu disiplinler : mimarlık, mühendislik, fizik, kimya, bilgisayar bilimleri, psikoloji, ekonomi, matematik ve istatistik olarak sıralanabilir.

Önemli Sorular – Model Cevapları

Matematiksel modeller yangını keşfetmek, doğasını anlamak ve tasarımdan kaynaklanan tehdidin büyüklüğünü anlayabilmek için çok önemlidirler.

- Mevcut çevrede yangının başlamasını sağlayacak değişimler nelerdi?
- Yangın ne kadar hızlı büyüyebilir ?
- Ne kadar duman ortaya çıkar ?
- Yangın nereye doğru ilerler ?
- Dış ortama yangın/duman nasıl ilerler ?
- Detektörler yangın başlangıcından ne kadar süre sonra devreye girer ?
- Yangın ekiplerinin olay yerine ulaşması ne kadar sürer ?
- Yangın patlaması/harlaması ne zaman ortaya çıkar ?
- Bu yapı yangında yıkılabilir mi ?
- Yapının yıkılması ne kadar zaman alır ?

Önemli Sorular – Model Cevapları

Ayrıca yangın çeşitliliğini ve etkisini azaltıcı çözümlerin bulunması konularıyla ilgilenebilirsiniz.

- Yangını geciktiren malzemelerin mobilyalarda kullanılması gerekir mi ?
- Çelik malzemeler kaplama malzemesi olarak kullanılmalı mıdır?
- Oda içerisine yangın söndürücüsü konursa yangın anında etkisi nasıl olur?
- Kaç adet yangın söndürücüsü gerekir ?
- Hangi tip olmalı ve nereye montajlanmalı ?
- Yapıda havalandırma sistemi varsa yangın anında etkileri nasıl olur ?
- Kaç adet havalandırma olmalı ve nerelere montajlanmalı ?
- Eğer yangın söndürücüleri ve havalandırma sistemleri yangın anında bir arada çalışırsa etkileri neler olur ?

Önemli Sorular – Model Cevapları

Yangının başladığınızı farz ederseniz bina sakinlerine ne olacaktır ?

- Bina içerisinde kaç insan oturmaya devam edecektir ?
- Ne kadar önce hareket etmeleri gerekir ?
- Ne kadar insan donup kalır ?
- İnsanlar panik olur mu?
- Hangi çıkışı kullanmaları gerekir ?
- Ne kadar sürede dışarı çıkmaları gerekir ?
- Ne kadar insan hayatını kaybedebilir ?

Önemli Sorular – Model Cevapları

Kaçışı daha hızlı hale getirmek için neler yapabilirsiniz ?

- Kaçış yolları, koridorları dar ise daha geniş olursa ne olur ?
- Alarm sistemi kurulursa ne olur ?
- Hangi tip alarm sistemi kurulmalıdır ?
- Daha fazla çıkış gerekli midir?
- Acil çıkış kapıları daha geniş olmalı mıdır?
- Acil kaçış yollarını gösteren işaretler daha fazla olmalı mıdır?
- Mobilyaların yerleri değiştirilirse ne olur ?

Yangın Simülasyon Yöntemleri

Tüm soruların cevabını öğrenebilmek için matematiksel modeller kullanılabilmektedir.

Günümüzde gelişen bilgisayar ve yazılım teknolojileri ile yanma sıfır boyutlu modeller ile çok hızlı bir şekilde modelleneneceği gibi, çoklu alanlar ve 2-3 boyutlu gerçek geometriler üzerinde de modellenenmektedir. **Computational Fluid Dynamics (CFD)** 2-3 boyutlu modeller üzerinde yanma simülasyonu yapan modelleme tekniklerinden en sık kullanılan ve en güvenilir yöntem olarak bilinmektedir.

Birebir 3 boyutlu model üzerinde çok gerçekçi ve detaylı kimyasal analizin yapılabileceği yanma modellerinin yanında biraz sadeleştirilmiş 3 boyutlu model üzerinde sıcaklık, ısı, akış ve birkaç kimyasal bileşen hakkında sonuç verebilen sadeleştirilmiş modellerde kullanılabilmektedir.

Yangın Simülasyon Yöntemleri

Yapılan Simulasyonun daha detaylı ve gerçekçi olması istenirse çözüm için gereken CPU ve RAM gereksinimi o miktarda artacaktır. Her ne kadar günümüzde evlerimizde dahi 5-10 yıl öncesine göre çok gelişmiş bilgisayar donanımı olsa da detaylı kimyasal mekanizmaların kullanıldığı, yoğun mesh (ağ) yapısının kullanıldığı modellerde yanma ve yangın simülasyonları fazla sayıda ve hızlı çalışan CPU ve RAM gerek duymaktadır, yani çözüm ücreti (solution cost) büyük miktarda artmaktadır.

Yanma simülasyonu yapan bazı CFD yazılımları :

- FDS (PyroSim)
- SMARTFIRE
- PHOENICS
- Ansys-Fluent
- Ansys-CFX
- STAR-CD

CFD İle Yangın Simülasyon Örnekleri

Fire simulation Effects with CFD

simulaciondeincendios.blogspot.com

Music by Antonio M. Navas (Method 5)

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

Recent Milestones in the Mathematical Modelling of Fire Related Phenomena

- *1963: Thomas, Hinkley, Theobald, and Simms* of the FRS publish a report describing a mathematical model for the simulation of fire phenomena within compartments. The model is in essence a pre-flashover, steady-state two-layer model for smoke movement. While not implemented on a computer, this early model is the precursor of the ZONE MODEL.
- *1976: Ku, Doria and Lloyd* publish one of the first accounts of FIRE FIELD MODELLING. The authors base their field model on application specific software called UNDSAFE - University of Notre Dame Smoke and Fire in an Enclosure. The model is restricted to simulations in two space dimensions but is fully transient.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

Milestones (Continued)

- **1977-1978:** Three publications appear by different authors describing computer based zone models. These are,
Quintiere, 1977.
Pape and Waterman, 1977.
Mitler, 1978.
- **1980:** Software house *CHAM Ltd* (Wimbledon UK) develop the first general purpose Computational Fluid Dynamics (CFD) software called PHOENICS. One application of general purpose CFD software such as PHOENICS is in the development of FIRE FIELD MODELS.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

- *1982:* CHAM in conjunction with the FRS publish a paper which describes one of the UK's first attempts at fire field modelling. The code, called MOSIE2 is an early incarnation of the PHOENICS code. The FRS code JASMINE dates its origins back to this work. The paper, authored by *Markatos, Malin* (both from CHAM) and *Cox* (FRS).
- *1982: Stahl*, writes a report which is one of the earliest published computer models which attempts to simulate the evacuation of people from buildings.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

- 1983: Earliest mention of the JASMINE FIRE FIELD MODEL in an external publication and is authored by *Markatos* and *Pericleous* from CHAM. The model - which is based on the PHOENICS software - incorporates a single step finite-rate irreversible reaction to represent combustion and a six-flux radiation model.
- *1985: Waters* of Ove Arup and Partners publishes a paper which concerns the application of field models - based on the PHOENICS software - to smoke movement problems in large uncompartmented buildings such as airport terminals.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

- **1988: Purser** publishes a paper describing a model which predicts the narcotic effects of the fire gases CO, CO₂, HCN and low O₂ on fire victims as well as heat exposure. The model is known as a Fractional Effective Dose (FED) model. Using the FED model it is possible to estimate when a fire victim will become incapacitated as a result of fire exposure.
- **1988: Rehm, Baum, Lozier and Corley** publish a paper describing a direct solution to an approximation of the Navier Stokes equations representing a fire in a corridor. This approach, while extremely time consuming avoids the use of turbulence models.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

- *1992: Galea and Ierotheou*, publish a paper describing the use of low cost parallel computer technology to reduce the tremendous computational overheads involved in fire field modelling calculations. By reducing the computational costs incurred in field modelling the procedure becomes more attractive for use in large practical applications.
- *1993: Galea and Galparsoro* publish a report describing the EXODUS evacuation model which links together human behaviour, response to heat and narcotic gases through FED models, behaviour in smoke and numerical fire data from field models.

Yangın Simülasyon Tekniklerinin Kilometre Taşları

- *1998 McGrattan, Baum, and Rehm* continue development of the Large Eddy Fire based fire models first reported in 1988 and publish a paper describing application of the technique to domestic sized rooms. The calculations are performed on Unix based Work Stations in reasonable amounts of time. The advantage of this approach is that it avoids the use of turbulence models.
- *1999 Green, et al* of Buro Happold undertake one of the largest CFD based fire modelling commercial applications to date when they apply the CFX CFD software to the Millennium Dome. The structure has a circumference of 1 km. In addition, they use the buildingEXODUS evacuation model to simulate the evacuation of 30,000+ people from the dome.

Yangın Modelleme Tekniklerinin Prensip ve Pratikleri

- Yangının matematiksel modeller ile tanımlanması için ısı transferi (iletim, taşınım ve radyasyon) biliminin iyi bir şekilde anlaşılmasıyla mümkündür.
- Isı transferi bilimini iyi anlaşılması için yoğunluk, viskozite, özgül ısı, sıcaklık, ısı gibi temel kavramların bilinmesi gerekmektedir.

Bu derste yukarıda belirtilen kavramlar için gerekli tanımlamalar yapılacaktır.

Temel Kavramlar

- SI biriminde yoğunluk [**kg/m³**]

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Burada ρ = yoğunluk, M= kütle ve V= hacimdir.

- Gazların ve sıvıların hacmi sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişmektedir. Örneğin suyun yoğunluğu 4 °C de 1000 kg/m³ 'tür
- MOLE kavramı maddelerin miktarını tanımlamak için kullanılan bir diğer büyüklüktür. Bir elementin 1 mol atomunun gram olarak kütlesine o elementin mol kütlesi (ya da 1 atom-gramı) denir. Mol kütlesi M_i ile gösterilir, birimi g/mol dür. Bir elementin mol kütlesi, sayıca o elementin atom kütlesine eşittir

Temel Kavramlar

MOL kavramı maddelerin miktarını tanımlamak için kullanılan bir diğer büyüklüktür.

12 gr karbon izotopu 6.02252×10^{23} adet atom içermektedir. Bu sayı **AVAGADRO SABİTİ** olarak bilinmektedir.

Mol Kütlesi

Bir elementin 1 mol atomunun gram olarak kütlesine o elementin mol kütlesi (ya da 1 atom-gramı) denir. Mol kütlesi M_i ile gösterilir, birimi g/mol dır. Bir elementin mol kütlesi, sayıca o elementin atom kütlesine eşittir

Örnek: M_c (karbon) = 12 g/mol,
 M_{O_2} = 32 g/mol

Temel Kavramlar

BASINÇ bir yüzey üzerine etkide bulunan dik kuvvetin, birim alana düşen miktarı. Katı, sıvı ve gazlar ağırlıkları nedeniyle bulundukları yüzeye bir kuvvet uygularlar. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete basınç (P), bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de basınç kuvveti (F) denir.

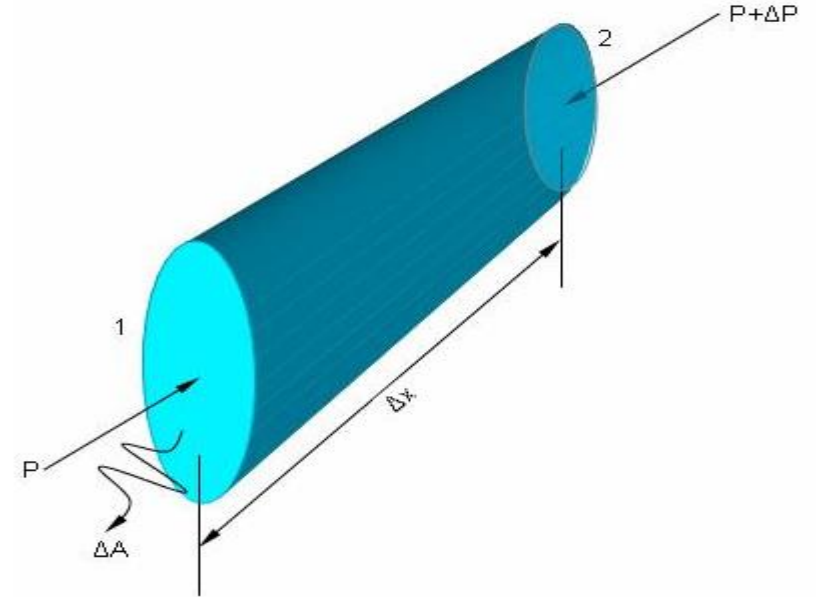
$$P = \frac{F}{A}$$

P : Basınç

F : Kuvvet [Newton (N)]

A : Alan [m²]

SI biriminde basıncın birimi **PASCAL (Pa)** 'dır.



Temel Kavramlar

BASINÇ ve GERİLME

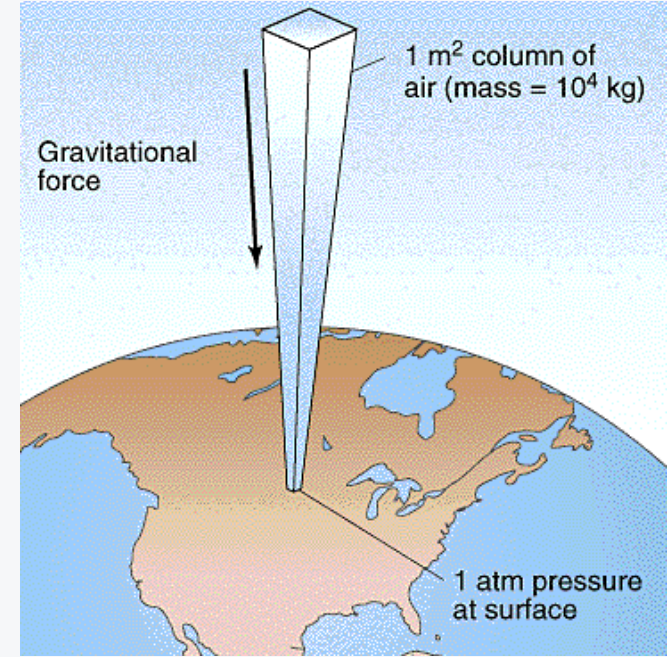
1 n/m² (veya 1 Pa) küçük bir basınç değeridir. Atmosferdeki gazların yaptığı toplam basınç deniz seviyesinde yaklaşık olarak 1.01325×10^5 N/m² dir. Bu değer 1 atmosfer (atm) olarak bilinir.

KESME KUVVETİ (F_t) cisme dik olarak ve ters yönde etki eden ağırlık ve diğer kuvvetlerin cismindeki etkisi olarak da tanımlanabilir.

KAYMA GERİLMESİ (τ) kesme kuvvetinin yüzey alanına oranıdır

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$

A : Yüzey Alanı [m²]



Temel Kavramlar

SICAKLIK VE ENERJİ

Sıcaklık

Sıcaklık bir objenin sıcak ve soğuk olduğunu göreceli olarak ifade eden bir tanımlamadır.

Sıcaklık molekül ve atomların titreşim enerjisinin bir göstergesidir. Bir cismin atomları ne kadar güçlü bir şekilde titreşiyorsa sıcaklığı o kadar yüksek olarak tanımlarız.

Kelvin ölçeğinde 0 K (-273.16 °C) **MUTLAK SIFIR** noktası olarak tanımlanır ve bu sıcaklık değerince tüm atomik titreşimler tamamen durur.

$$\text{Sıcaklık (K)} = \text{Sıcaklık (°C)} + 273.16$$

Temel Kavramlar

SICAKLIK VE ENERJİ

SICAKLIK VE ENERJİ

Enerji

İç Enerji, bir maddenin; taneciklerinin öteleme, dönme, titreşim gibi hareketlerinden kaynaklanan kinetik enerji ile fiziksel ya da kimyasal bağları veya nükleonları bir arada tutan kuvvet gibi etkileşimlerinin enerjilerinin toplamını ifade eden kavram. **U** harfi ile sembolize edilir. İç enerji ısının bir halidir ve **JOULE (J)** birimi ile ölçülür.

Joule, enerji ve iş birimidir. Kuvvet x Mesafe ile tanımlanır, böylece, **1 J = 1 N.m** 'dir

Eğer bir sisteme enerji girdi olarak eklenirse (oda içerisindeki yangını başlatma gibi) iç enerjideki değişim **du**; sistem içerisine giren enerji (yangından dolayı) **dQ** ve sistem tarafından yapılan iş (hacmin ve basıncın artması) **dW**, arasındaki fark olarak tanımlanır.

$$\text{Eşitlik olarak tanımlanırsa ; } dU = dQ - dW$$

Temel Kavramlar

SICAKLIK VE ENERJİ

Enerji

- Termodinamiğin birinci yasası basitçe enerjinin korunduğunu belirtir.
- Sistem tarafından yapılan iş ve iç enerji, sistemin toplam enerjisini temsil eder. Toplam enerji ise **ENTALPİ (H)** olarak tanımlanmaktadır ve birimi **JOULE (J)** dür.

$$H = U + W$$

- Sistem İçerisindeki cismin kütesinin büyüklüğü benzer şekilde iç enerjinin büyüklüğü anlamına gelmektedir, yani ne kadar kütle o kadar büyük entalpi anlamına gelir.
- Birim kütle için entalpi ifadesi ise;
$$h = u + w$$
 ile ifade edilir.

Burada h,u ve w sırası ile entalpi, iç enerji ve birim kütle için yapılan işi (J/kg) ifade eder

Temel Kavramlar

SICAKLIK VE ENERJİ

Özgül Isı Kapasitesi

- **Özgül Isı Kapasitesi (c)** (ısı sığası) bir maddenin sıcaklığını $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ değiştirmek için gerekli olan ısı miktarıdır. Başka bir ifade ile bir cismin ısısının sıcaklığına göre türevidir. Cismin kütlesi ile öz ısısının çarpımına eşittir ($m.c$). Birimi **J/kg.K** (veya **J/mol.K**).
- Özgül ısı kapasitesi genellikle sıcaklık ile artar.
- Özgül ısı prosesin sabit basınçta c_p ve sabit hacimde c_v gerçekleşmesi durumlarına göre değişiklik göstermektedir. Yangın bağlantılı ısı açığa çıkması olaylarında sistem genellikle sabit basınç durumdadır.

Temel Kavramlar

SICAKLIK VE ENERJİ

Özgül Isı Kapasitesi

- Havanın sabit basınçta özgül ısısı $c_p \sim 1040 \text{ J/kg.K}$ (30.1 J/mol.K)
- Su buharının sabit basınçta özgül ısısı $c_p \sim 2060 \text{ J/kg.K}$ (30.1 J/mol.K)
- 1 mol su buharının sıcaklığını 1 derece arttırmak için 1 mol havanın ihtiyaç duyduğundan daha fazla enerji gerekmektedir. Bu durumda su buharı ile doymuş havanın ısı içeriği kuru havadan daha fazladır.
- Özgül ısı kapasitesi cismin sıcaklığı, toplam enerjisi veya entalpisi ile aşağıdaki eşitlik ile ilişkilendirilebilir;

$$c_p = \left(\frac{dh}{dT} \right)_p$$

Cismin kütlesi eklenirse;

$$dH = c_p \times m \times dT$$

Temel Kavramlar

ISI TRANSFERİ

Isı İletimi

- Isı yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doğru transfer olma eğilimdedir, bu kavram **Termodinamiğin İkinci Yasası** olarak bilinmektedir.
- **ISI İLETİM KATSAYISI (k)** cisimlerin ısıyı iletme özelliklerinin bir büyüklüğüdür.
- Birimi [**W/m.K**] 'dir. Veya $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ denkliğinden J/s.m.K olarak kullanılabilir.
- Bir cismin ısı iletim katsayısı değeri küçüldükçe ısı iletme kabiliyeti düşmekte başka bir değişle ısı iletimine karşı daha dirençli hale gelmektedir.

Temel Kavramlar

ISI TRANSFERİ

Thermal properties of some common materials.
Most values have been determined at 0 or 20° C.

Material	k W/m.K	c_p J/kg.K	ρ kg/m ³	α m ² /s	$k.\rho.c_p$ W ² .s/m ⁴ K ²
Copper	387	380	8940	1.14×10^{-4}	1.2×10^9
Steel	45.8	460	7850	1.26×10^{-5}	1.6×10^8
Brick	0.69	840	1600	5.2×10^{-7}	9.3×10^5
Oak	0.17	2380	800	8.9×10^{-8}	3.2×10^5
Asbestos	0.15	1050	577	2.5×10^{-7}	9.1×10^4
Fibre board	0.041	2090	229	8.6×10^{-8}	2.0×10^4
Polyurethane Foam	0.034	1400	20	1.2×10^{-6}	9.5×10^2
Air	0.026	1040	1.1	2.2×10^{-5}	-----

Temel Kavramlar

ISI TRANSFERİ

Temperature dependence of material properties for AIR

Temp °C	k W/m.K	c_p J/kg.K	ρ kg/m ³	α m ² /s	ν m ² /s
27	0.026	1006	1.177	2.22×10^{-5}	1.7×10^{-5}
77	0.030	1009	0.998	2.98×10^{-5}	2.1×10^{-5}
177	0.037	1021	0.783	4.22×10^{-5}	3.2×10^{-5}
927	0.078	1179	0.295	2.25×10^{-4}	1.6×10^{-4}

Temel Kavramlar

TERMAL DİFÜZYON VE TERMAL ATALET

Termal Difüzyon

- Isı iletimi; cisimden geçen ısı akışını ölçmek için kullanılan bir büyüklük iken Isı kapasitesi; ısıнын depolanma kabiliyetini belirleyen bir büyüklüktür.
- Bu iki ölçünün oranı cismin sıcaklığının değişiminin bir oranını vermektedir. Ve bu oran **TERMAL DİFÜZYON (α)** olarak tanımlanır.

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

- Termal difüzyon katsayısının birimi **m²/s** 'dir ve sıcaklığa bağlıdır.

Temel Kavramlar

TERMAL DİFÜZYON VE TERMAL ATALET

Termal Atalet

- Sıvılar ve yalıtım malzemeleri genellikle düşük difüzyon değerlerine sahiptirler.
- **TERMAL ATALET** = $k \times \rho \times c_p$
- Birimi [$W^2 \times s/m^2 \times K^2$]
- Düşük termal atalet => Malzeme ısı kaynağı ile çok hızlı bir şekilde tetiklenir ve hızlı bir şekilde yanar
- Yüksek termal atalet => Malzeme ısı kaynağı ile çok yavaş bir şekilde alev alır
- Belirgin çelişki : İyi ısı yalıtımı malzemeleri (düşük k değeri) düşük ısı iletim katsayısına sahip olanlara göre daha kolay yanarlar.

Temel Kavramlar

TERMAL DİFÜZYON VE TERMAL ATALET

- Açıklama: Düşük ısı iletim katsayısına sahip maddeler ısıyı iyi iletmezler. Eğer ısı iletimi hızlı ise (malzeme alev maruz kaldığında) ve birim hacimdeki ısı kapasitesi ($C_p \times \rho$) düşük ise ısıyı kolay bir şekilde absorbe eder ve neticede sıcaklığında hızlı bir artışa neden olur. Bu durumda ürünün $k \times \rho \times c_p$ değeri küçüktür ve bu yüzden hızlı bir şekilde yanabilir.
- Benzer şekilde yüksek termal ataletle göre düşük termal ataletli cisim üzerinde alev yayılımı çok hızlı olur.
- Örneğin poliüretan köpük, termal ataleti $950 \text{ W}^2 \times \text{s/m}^2 \times \text{K}^2$
- Meşe odunu, termal ataleti $320,000 \text{ W}^2 \times \text{s/m}^2 \times \text{K}^2$
- Poliüretan köpük göreceli olarak meşe odununa göre daha kolay tutuşur ve çok daha hızlı yanar.

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- Bir akışkanın yoğunluğu yine onun basıncı ve sıcaklığına bağlıdır.

$$P = \rho \times R^* \times T$$

P basınç (Pa), T sıcaklık (K), ρ yoğunluk, R ise **Evrensel Gaz Sabitidir**.

- (1) P artarken T sabit ise ρ artmalıdır
- (2) P artarken ρ sabit ise T artmalıdır
- (3) P sabitken T artıyorsa ρ azalmalıdır

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- Bu eşitlik aşağıdaki gibi de yazılabilir;

$$P \times V = n \times R \times T$$

V hacmi n adet mol sayısına sahip bir gazın hacmini tanımlar. Bu denklemde $R=8.31431 \text{ J/K.mol}$ değerine eşittir.

Kapalı sistemler için denklem düzenlenirse

$$\frac{p \times V}{T} = \text{SABİT}$$

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- Kapalı sistemler için, örneğin havanın dışarı kaçmaması için mükemmel şekilde izole edilmiş bir odada, oda içerisindeki hava ısıtıldığında ilk koşuldan ikinci bir koşula geçiş olur ve sistem aşağıda eşitlikle ifade edilebilir;

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

İlk koşuldaki bilgiler elimizde varsa ikinci koşul için kısmen edindiğimiz bilgilerle diğer değişkenleri hesaplayabiliriz.

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- **ÖRNEK:** Tamamen yalıtılmış bir oda başlangıçta atmosferik basınçta ve 20 °C sıcaklığındadır. Oda 180 °C olacak şekilde ısıtılırsa basınç ne olur ?
- **ÇÖZÜM:** Odanın hacminin sabit kaldığını biliyoruz

$V_1 = V_2$ ve sıcaklığı °C den K e çevirirsek,

$$\frac{P_1 \times T_2}{T_1} = P_2 \Rightarrow \frac{1 \times 453}{293} = 1.55 \text{ atm}$$

Bu hesaptan anlaşılabacağı üzere oda içinde yaklaşık 0.6 atm'lik (başlangıç basıncı referans alındığında) bir basınç artışı olacaktır.

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- **NOT:** Cam pencereler yaklaşık olarak 0.067 atm lik bir basınç artışında çatlayıp parçalanırlar, ahşap çerçeve inşaatlar 1.002 atm'lik basınç artışından sonra yıkılırlar.
- Oda yangınlarında hava sıcaklığı 500 °C'yi aşabilir. Oda yangınlarında sıcaklığın 500 °C'ye ulaşması ile 1.64 atm'lik basınç artışı ortaya çıkar. Bu durum bina yangınlarında ortaya çıkarsa belirtilen yüksek basınç yüzünden yapı patlayacaktır.
- Bu yaklaşım bina yangınları için geçerli olabilse de bazen yeterince gerçekçi olmamaktadır. Çünkü yangın esnasında odalardaki ve binadaki dış ortamla basıncı dengeleyecek bir açık alan (pencere, kapı, havalandırma boşlukları, vs..) bulunmaktadır.

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- Oda yangınlarında dış ortama açılan birçok açık alan olduğu durumlara göre bir yaklaşım yapmak istenirse iç ve dış bölgelerde yangının eşit basınçta gerçekleştiğini kabul etmek gerekir. $P_1 = P_2$
- Bu yaklaşım kullanılırsa,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- Hacim ifadesini yoğunluk kullanarak dışarı atarsak (toplam kütle sabit)

$$\rho_1 \times T_1 = \rho_2 \times T_2$$

- Başlangıç anında verilen sıcaklık ve yoğunluk ve istenen bir an için sıcaklık veya yoğunluk değerini bilerek bilinmeyen büyüklüklerden birini bulmak mümkündür.

Temel Kavramlar

MÜKEMMEL GAZ YASASI

- **ÖRNEK:** Başlangıçta 20 °C sıcaklığında ve yoğunluğu 1.177 kg\m³ hava ile dolu olan bir odada yangın sebebiyle hava sıcaklığı 180 °C (453 K) yükselmiştir. Bu durumda havanın yoğunluğu;

$$\frac{\rho_1 \times T_1}{T_2} = \rho_2 \Rightarrow \frac{1.177 \times 293}{453} = 0.7613 \text{ kg/m}^3$$

Bu hesaplamada P1 = P2 olarak kabul edilmiştir, basınç sabit tutulduğunda kütle sabit kaldığı için hacim artacaktır.

Temel Kavramlar

Viskozite

- Tüm akışkanlar (sıvılar ve gazlar) akmaya ve uygulanan kayma gerilmesine karşı direnç gösterirler. Bu olaya Viskozite denir ve bir akışkanın, yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir. Viskozitesi yüksek olan sıvılar ağıdalı olarak tanımlanırlar.