



“SAÇ YOLDURAN” SİNEMA FİZİĞİ - 2

Filmlerin Sesi

Gizli ajan, çelik gibi sert bakışlarını caddedeki kalabalığa diker ve tüfeğinin parçalarını birleştirmeye başlar. Önce tüfeğin kundağıyla namlusunu birbirine geçirir, ardından nişan dürbününü uygun konuma getirerek “çat” sesiyle yerine oturtur. Son olarak epeyce büyük bir susturucuyu, vidalar gibi döndürerek yerine takar. 7,62 mm.lik parlak bir NATO mermisini dikkatle seçer (bunu seçmesinin nedeni, kuşkusuz uzun menzildeki isabet gücüdür) ve tüfeğin sürgüsünü kullanarak mermiyi yerleştirir.

Tam bu sırada, sinsi bir terörist görüntüye girer. Gizli ajan tüfeğini doğrultur ve kılı kıpırdamadan tetiği çeker. Aşağıda, caddedeki seyirciler, yalnızca zararsız bir “fut” sesi işitirler. Gizli ajan farkedilmeden pencere kenarından geri çekilir. Görev tamamlanmıştır.

Gizli ajan için üzgünüz; ama farkedilmemesi, ne yazık ki bu sahnedeki

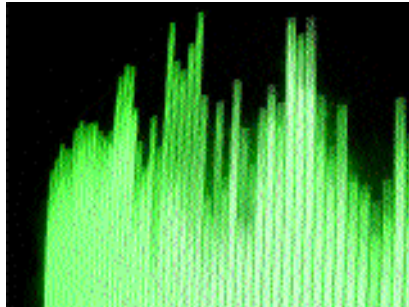
kadar kolay değil. 7,62’lik bir NATO mermisi sestən hızlıdır ve mermi tüfeğin ağzından çıkarken namludan gelen patlamanın sesini boğsanız bile, ufak çapta bir patlama sesinin çıkmasına engel olamazsınız. Bu küçük patlama sesinin nereden geldiğinin belirlenmesi, perdelenmemiş bir tüfek patlamasındaki kadar kolay olmayacaksa da, dikkatleri nişancıya çekebilecek bir gürültü yaratmaya yetecektir.

Tüfeğin ağzından çıkan patlamayı yalnızca bir “fut” sesine kadar indirgemek olanaksız. Bu patlama sesinin nişancının bulunduğu noktadan ölçülen şiddeti 150 desibeli (dB) aşabilir ve bu da insanların duyabileceği en yüksek

seslerden biridir. Susturucuların, bu kadar yüksek bir gürültüyü ısıtılmaz kılma hedefinin yanına yaklaşabilmek için bile son derece titiz bir teknolojiyle, hatasız bir şekilde hazırlanmış olmaları gerekir.

Acı eşiğinin yalnızca 130 dB olduğunu hatırlamamız, Hollywood’un tüfek ağzından çıkan patlamaların gürültüsünü birebir kopya etmediği için ne kadar şanslı olduğumuzu farketmemize yeter. Hollywood böyle yapmıyor olsaydı, aksiyon filmi fanatiklerinin sersemlemiş bir şekilde sinema salonundan çıkarken duyacakları tek ses, kulaklarının çınlaması olurdu. Blackhawk Down filminde kulaklarının dibinde otomatik bir tüfek patlayan askerın, kalıcı olmasa bile en azından geçici bir süre için sağır olması kaçınılmazdır.

SWAT ekipleri, susturucuları bazen gizlilik amacıyla değil, kuşatılmış bir odadaki ekip üyelerinden biri ateş ettiğinde diğerlerinin zarar görmesini engellemek için kullanırlar. Çünkü susturulmamış bir ateşli silahın



içinde boşaltmak, geçici sağırlığa neden olabilir.

Ses bir enerji transferi biçimi olduğundan, gürültüyü birim zaman başına düşen enerji ya da sesin güç verimi cinsinden tanımlayabiliriz. Ancak bu yaklaşım, resmin bütününe görmemiz için yeterli olmayacaktır. Ses dalgaları, kaynaklarının etrafında yayılan balonlar gibi dışarıya doğru hareket ederler. Sesin gücü, kaynağından olan uzaklığın karesiyle artan dalga yüzeyinin üzerinde dağılmış durumdadır. Bir başka deyişle, dalgadaki birim alan başına düşen enerji miktarı, dalga kaynaktan uzaklaştıkça hızla azalır. Bir insanın kulağına, kişinin kaynaktan olan uzaklığına bağlı olmaksızın, aynı dalga alanı temas eder. Ancak, kaynak uzakken, dalga alanı, kaynağın yakın olduğu hale göre belirgin bir biçimde daha az enerji içerir. Bu durum, uzaktayken sesin neden daha az gürültülü olduğunu açıklar.

Birim alan başına düşen güç, “ses şiddeti” olarak adlandırılır ve gücün tek başına kullanıldığı yönteme göre daha iyi bir gürültü ölçütüdür. Ses şiddeti, kulağa uzaktaki bir ses kaynağından ulaşan gücün, yakındakine göre daha az olmasının nedeninin açıklar. Ancak insanın gürültü algısı, ses şiddetine bağlı olarak doğrusal değildir. Bir başka deyişle, ses şiddetini iki katına çıkarmak, gürültünün işitilme düzeyini iki kat artırmaz. Kabaca söylemek gerekirse, gürültünün algılanışı

logaritmiktir ve desibel ölçeğiyle biraz daha iyi açıklanabilir:

$$\beta = 10 \log (I/I_0)$$

Bu denklemde

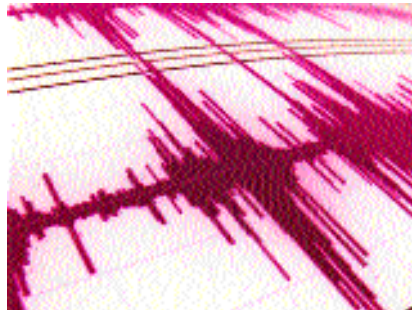
β : bağıl ses şiddetini (desibel)

I_0 : işitme eşiğindeki ses şiddetini ($1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

I : gürültünün ses şiddetini (W/m^2) temsil eder.

Desibel bile, algılanan gürültünün tam doğru bir göstergesi olmada yetersiz kalır. Bir gürültünün sesi, frekansı ya da perdesine bağlı olarak değişir. Ses ölçen araçların en azından bir kısmı, bu gerçeği hesaba katarak, çeşitli frekans ölçücü filtreler kullanırlar. Bu tür uygulamalar arasında en yaygın olanı, dBA ölçeğidir. Tüfeğin patlama frekansının optimum işitme aralığında bulunduğunu ve bu frekansın gürültüye bağlı olarak değişmediğini varsayarsak, desibel ölçeği bağıl gürültünün uygun bir göstergesi olarak ortaya çıkar.

İşitmenin logaritmik doğası, mermi-



nin namludan çıkarken oluşturduğu patlamanın sesini susturmayı iyiden iyiye güçleştirir. Gelin hep birlikte, bir tüfeğin patlama sesinin şiddetini yarıya indirdiğimizde, buna bağlı gürültüye ne olacağını görelim. Bu yaptığımız, ses dalgalarından gelen enerjinin yarısını ortadan kaldırmak anlamına gelir. Yukarıdaki denklemi kullanarak, şu sonucu elde ederiz:

$$\begin{aligned} \beta &= 10 \log (I/2I_0) \\ &= 10 \log (I/I_0) - 10 \log (2) \\ &= \beta_0 - 10 \log (2) \\ &= 150 - 3.0 \\ &= 147 \text{ dB} \end{aligned}$$

Bu sonuçtan da görülüyor ki, ses şiddetini yarıya indirmek, bağıl gürültüyü yalnızca 3dB azaltır. Bu oran, güçlükle farkına varılabilecek bir değişim oranıdır. İyi bir kulak tıkaçı, sesi, genelde yalnızca 30 dB kadar azaltır. Bu da 150 dB'lik bir tüfek patlaması sesini ancak, yine çok gürültülü bir ses düzeyi olan 120 dB'e kadar indirebileceği anlamına gelir. Bir film susturucusu tarafından oluşturulan “fut” sesinin yalnızca 50 dB kadar olduğunu tahmin ediyoruz. Bir susturucunun bu kadar düşük bir gürültü oluşmasını sağlayabilmesi için, bir tüfek patlamasının ses şiddetini 10^{10} kat indirmesi anlamına geliyor. Bu ancak, ses hızından daha yavaş cephane kullanılarak çok iyi tasarlanmış ve olağüstü titizlikle yapılmış bir susturucuyla gerçekleştirilebilir. Oysa ki piyasada bulunabilecek susturucuların tümü, özellikle yüksek güçteki silahlarda kullanıldıklarında, filmlerde olduğu gibi gürültüde 100 dB'lik bir düşüş değil, kulak tıkaçlarınıninkine benzer şekilde, ancak 30 - 40 dB arası bir gürültü azalması sağlayabiliyor.

Biz seyirciler, film karakterlerinin anında biraraya getirebildikleri, “yüksek etkili” derme çatma susturuculara bayılıyoruz. Bu tür susturucular filmlerde, yastıklardan patatese kadar aklınıza gelebilecek hemen herşeyle oluşturulabiliyor. Bunların arasındaki favorimiz, On Deadly Ground filminde Steven Seagal'in yarı otomatik bir silahı, namlusunun ucuna 2 litrelik boş bir şişeyi şeritle bağlayarak “etkin” bir biçimde susturduğu ve o bildik “fut” sesini elde ettiği sahne. Eğreti susturucular, gürültü düzeyini en iyi olası-

Ölçek Sorunları

Yoldan çıkmış bir bilim adamı, radyoaktif bozunma, kirlilik ya da insanoğlunun benzer başka tür bir budalalığı gibi etkilerin sonucunda bazı insanların ya da yaratıkların anormal bir biçimde büyümesi ya da küçülmesi, çok eski bir film hilesidir. Bizler bu tür hilelerle eğlenmeyi kabullenmek zorunda kalsak da, fizik bilimi için aynı şey söylenemez.

İşe “yoğunluk” problemiyle başlamakta fayda var. Tanıdığımız madde büyük ölçüde “boşluk” olduğundan, bir cismin şişmesi ya da büzülmesinin en akla yakın yolu da içindeki boşluk miktarını bir şekilde ayarlamaktan geçiyor. Ne yazık ki bir cismin içindeki boşluk miktarını değiştireniz de, ağırlığı tam olarak aynı kalacaktır. Bu da şişen cisimlerin ya da insanların, rüzgarda balon gibi uçmalarına neden olacak kadar düşük bir yoğunluğa sahip olabilecekleri anlamına gelir. Öte yandan küçültülen insanların ağırlıkları aynı kaldığından, zavallı çelimsiz insancıklar, minik ayaklarıyla bastıkları yere muazzam ölçülerde basınç uygulayacaklardır. Örneğin, normal ölçülerdeki bir insan iki ayağının üzerinde ayakta dururken, yere 0,1 atmosferlik bir basınç yapar. Eğer bu insan, ağırlığı aynı kalıp boyutları 100’de birine incek şekilde küçülürse, büzülmeden önce 1.82 m. olan boyu 1,8 cm’ye inecektir. Öte yandan, ayaklarındaki basınç 10.000 kat artacak, bir başka deyişle 20.000 psi’ye çıkacaktır.

Böyle bir insan çamurlu bir tarlaya girse, hemen çamurun içine gömülecek, yolda giderken de betonları kıra kıra yürüyecektir. Bu kadar yüksek bir basınç nasıl mümkün olabilir diyenlere açıklama yapmak için, öncelikle basınç formülüne bir göz atalım:

$$P = F / A$$

Bu eşitlikte P basıncı, F kuvvetin büyüklüğünü, A ise alanı temsil ediyor. Bizim örneğimizde kuvvetin büyüklüğü kişinin ağırlığına, A ise kişinin ayak tabanlarının alanına karşılık geliyor. Ağırlık aynı kalıp alan azalırsa, basıncın artacağına dikkat edin. Basınç ve alan birbirleriyle ters orantılı olduğundan, alanı 10.000 kat azaltmak basıncı 10.000 kat artırmak anlamına gelecektir.

Herhangi bir cismin yüzey alanı, boyutlarında yapacağınız değişikliğin karesi oranında artacak ya da azalacak olduğundan, bir insanın büyüklüğünü 100’de birine indirdiğinizde ayaklarının alanını



10.000 kat azaltmış olursunuz. Eğer bu durum size biraz garip geliyorsa, öncelikle bir dikdörtgenin alanının uzun kenarıyla kısa kenarının uzunluklarının çarpımına eşit olduğunu hatırlamanızı öneririz. Eğer dikdörtgenin her iki kenarının uzunluğunu da 100’de birine indirirseniz, elde edeceğiniz yeni dikdörtgenin alanının eskisinin 10.000’de biri olacağını görmek, sanırız durumu kabullenmeniz için yeterli olacaktır.

Yoğunluk problemi, boyutları değiştirirken molekül eksiltme ya da artırma yöntemiyle de çözülebilecek olabilir. Ancak moleküllerin tam doğru oranda azaltıldığından ya da artırıldığından emin olmanın güçlüğü nedeniyle bu süreç çok karmaşılaşabilir. Bu durumun bir şekilde üstesinden gelinebileceğini varsayarsak da, geriye yine çözülmesi gereken çok ciddi problemler kalacaktır. Bir insanın ya da herhangi bir yaratığın bacakları, Yunan tapınaklarını taşıyan sütunlara benzer. Dayanıklılıkları, yüzeylerinin kesit alanlarıyla doğru orantılıdır. Buradan hareketle

$$A = \pi \cdot r^2$$

denklemini göz önüne alındığında, dayanıklılığın sütunun yarıçapının karesiyle doğru orantılı olduğu görülür. Bu nedenle bacakların dayanıklılığı, boyutta yaptığınız değişikliğin karesi oranında artar ya da azalır. Örneğin, bir karıncayı 1000 kat büyüttüğümüzü varsayarsak, bu yaptığımız, karıncanın uzunluğunun 0,32 cm’den yaklaşık 320 cm’ye çıkmasına neden olacaktır. Bu da karıncanın bacaklarının dayanıklılığını 1 milyon kat artıracaktır. Karın-

canın kütleisindeki ve ağırlığındaki artışa bakmadığımız sürece, kulağa oldukça güven verici geliyor.

Karıncanın vücudunun her bir bölümü kabaca, ağırlığıyla hacmi

$$V = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$$

formülü uyarınca ağırlığı, eşitliğiyle doğru orantılı olan basit birer küreye benzer. Yoğunluğu sabit tuttuğunuzda ağırlık, boyutlarda yaptığınız değişikliğin küpü oranında artacaktır. Yani karıncanın büyüklüğünü 1000 kat artırdığınızda, ağırlığı 1 milyar katına çıkacaktır. Bu da ağırlığın bacak dayanıklılığından 1000 kez daha hızlı arttığı anlamına gelir. Bir başka deyişle, karınca büyük olasılıkla kendi ağırlığının altında ezilecektir. Ayrıca karıncanın kütlesi ve dolayısıyla eylemsizliği, kaslarının dayanıklılığından 1000 kez daha hızlı artar. Bu nedenle karınca ayakta durmayı başarabilecek olsa bile, güçbela hareket edebilecektir.

Boyutları küçültmek, ağırlık problemlerinden bazılarını ortadan kaldıracak olsa da, onun da kendine özgü bazı problemleri var. Özellikle de sıcak kanlı hayvanlar için. Isı kaybı, beden yüzey alanının kütleyle oranına bağlıdır. Bir başka deyişle, yüzey alanı külesine oranla yüksek olan bir canlının bedeni, bu oranın daha düşük olduğu bir canlıya göre çok daha hızlı soğuyacaktır. Böyle bir yaratık vücut sıcaklığını koruyabilmek için, diğerinden daha hızlı bir metabolizma hızına ve daha fazla besin almaya gereksinim duyacaktır. Küçük yaratıkların yüzey alanlarının kütlelerine oranının yüksek olması, sorexlerin (uzun burunlu, köstebeğe benzer bir memeli) hergün neden vücut ağırlıklarının birkaç katı kadar besin almak zorunda olduklarını açıklar. Vücut sıcaklıklarını korumak için bunu yapmak zorundalar.

Yüzey alanı/kütle oranları, ölçülerde yaptığınız değişikliğin büyüklüğüne ters orantılı olarak artar ya da azalır. Bir başka deyişle bir insanı ölçüleri 100’de birine indirecek kadar küçültmek, yüzey alanı/kütle oranını 100 kat artıracaktır. Böyle bir insan durmaksızın yemek yemediği takdirde, yaklaşık 22°C bir havada bile vücut sıcaklığının düşmesinden kaynaklanan bir ölüm tehlikesiyle karşı karşıya kalır.

Bu bölüm boyunca sözünü ettiğimiz tartışmaların hiçbirisi, akciğerlerin, kalplerin, beyinlerin ve kan hücrelerinin tasarımının büyüklükleriyle yakından ilişkili olduğunun ve büyütülüp küçültülmelerinin olanaksızlığının lafını bile etmiyor. Temel fizik yasalarına göre, boyutlarda herhangi bir değişiklik yaptığınızda, fizyoloji çarpıcı biçimde değişir. Bu durum bazıları için çok eğlenceli olabileceksin de, kocaman böceklerin ve küçücük insanların hayalini kuranların tüm fizik yasaları kökten değişene kadar beklemeleri gerekecek.

İkila, bir parça azaltabilirler. İşin kötüsü, bu tür susturucular silahın namlusunu kısmen tıkayarak içindeki basıncın aşırı düzeyde artmasına ve dolayısıyla silahın patlamasına neden olabilirler. Ayrıca kayıtlı olmayan susturucuların, evde yapılmış az etkili tasarımlar olsalar bile, yasadışı olduklarını da eklemekten geçemeyeceğiz.

Hollywood gürültüyle pek ilgili olmadıgından, ondalık sayılar gibi küçük ayrıntılarla da kesinlikle zihnini

meşgul etmez. Sese hızı kabaca 300 m/s iken, ışığın hızıysa 300.000.000 m/s’dir. Film yapımcılarıysa inatla ve de kararlılıkla hala, bu iki hızın aynı basamak sayısına sahip olduğunu düşünmektedirler. Eğer bir film sahnesinde uzaktaki bir tepede büyük bir silah patlarsa ses, görüntüyle aynı anda ulaşır. Hemen hemen tüm filmlerde gök gürültüsü ve şimşek de, aynı anda meydana gelir. Bir araba uçurumdan aşağı düşüp kayalıkların üzerinde par-

çalandığıdaysa, patlama sesini de anında duyarız!..

Gürültünün dış uzayın boşluk ortamında iletilemeyeceğinden, çünkü sesin ancak maddesel bir ortamın varlığında iletilebildiğinden yazımızın geçen ay yayımlanan bölümünde de söz etmiştik. Bu gerçeğe karşın Hollywood’un bir uzay gemisinin yanından geçilirken motor gürültüleri çıkartmak-taki ısrarını anlamak, oldukça güç. Aslında büyük bir uzay gemisinin sessiz-

ce ilerleyişini izlemek daha dramatik bir etki yaratabilir. Çünkü bu, bizim dünya üzerindeki yaşamlarımızda rastlamadığımız bir durum.

1968 yılı yapımı olan 2001: A Space Odyssey filminin en dramatik sahnesi, HAL isimli bilgisayarın Dave'i uzay gemisinden dışarıya attığı ve Dave'in de alışılmamış tehlikeli bir yöntemle gemiye geri girebilmek için çabaladığı sahnedir. Dave geminin patlayıcı kilitlerini ateşlediği halde, dış uzayda hava bulunmadığı için sahne bütünüyle sessizdir. Ancak, bu haliyle bile, izleyiciye tam bir umutsuzluk hissini yansıtmayı son derece etkili bir biçimde başarır.

Oldukça kaliteli bir yapım olan ve uzay yolculuğunun fizikini tam doğru

biçimde uygulayan 2001, tüm zamanların en iyi 100 filmi listelerinin çoğunda üst sıralarda yer alır. Senaryo, aksiyon ve hız gibi ayrıntılar bakımından ayrı ayrı bakıldığında, çok güçlü bir film değildir. Filmin en iyi diyalogu, bedensiz bir ses ve ifadesiz kamera lensleriyle resmedilen, o unutulmaz bilgisayar karakterinden gelir. Filmin sonuysa neredeyse anlaşılmaz niteliktedir. Her şeye karşın, 2001, sessizliğin son derece heyecan uyandırıcı olduğunu gözler önüne serer.

Aralarında ses de olmak üzere dört ayrı dalda Akademi Ödülü'ne aday gösterilen 1970 yapımı Tora Tora Tora isimli film, En İyi Ses Efektü Ödülü'nü kazanmıştı. Film, kendi dö-

neminin kriterlerine göre bir özel efekt harikasıydı ve tarihsel gerçeklik bakımından günümüz filmlerinden Pearl Harbor'dan daha üstündü. Ancak modern eleştirmenlere göre, filmin ses konusunda ciddi sorunları vardı. Mermiler hedeflerine çarptıklarında sahte bir sekme sesi çıkartıyorlardı. 1970 yılında bu, standart bir yöntemdi ancak şimdi bakıldığında bu sesler oldukça gülünç kalıyor. Film yapımcıları şu gerçeği akıllarından çıkartmamalıdır ki, sinema tarihinin kendisi, saçma olan herşeyin halk tarafından eninde sonunda reddedildiğini gösteriyor.

Ayşenur Topçuoğlu Akman

Camın Karşı Koyulamaz Çekiciliği!

ÖZÜR: Yeniden yayımladığımız bu çerçevenin Aralık 2003 sayımızın 54. sayfasında imzasız olarak yer alan ilk halinin 8. paragrafında $p = mv$ eşitliğinde v , hız yerine, yanlışlıkla ivme olarak tanımlanmıştır. Ayrıca 12. paragraftaki "Kahramanımız 80 kg., saçma 0,0318 kg. ve saçmanın ivmesi de 486 metre/saniye olsun" cümlesindeki "ivme" de yine yanlışlıkla "hız" yerine kullanılmıştır. Bu hatalardan ötürü okuyucularımızdan özür diliyor, konuyla ilgili olarak bize uyarıda bulunan Varol Ülgen isimli okuyucumuza teşekkür ediyoruz.

TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kahramanımız kaldırımda son derece masum bir şekilde duruyorken, aniden uğursuz bir araba köşeyi dönüverir ve yavaşça açılan camdan dışarıya doğru bir namlu uzanır. Kahramanımız bir anda durumu fark eder, ama – dan!! – ve artık çok geçtir.. Ayakları yerden kesilir ve metrelerce havada uçarak, en yakındaki dükkanın vitrin camına girer. Ancak, kurşun geçirmez yelek giydiği için şanslıdır. Böylece ölmekten kurtulur, biz de filmi izlemeye devam edebiliriz.

Eğer sahnede yakın planda bir dükkan vitrini yoksa bile, vurulan kurban mutlaka bir barın arkasındaki içki şişelerine, dev bir aynaya ya da başka herhangi bir büyük cam cisme doğru uçar. Bu sahneyi görmeye o kadar alıştık ki, eğer bilmiyor olsak, Hollywood'un yeni bir fizik kanunu keşfettiğini düşünmemiz işten bile değil: Camın vurulan kurbanlar üzerindeki çekim gücü!

Hollywood'un "gönüllü avukatları", mutlaka bu durumu, "kahramanın tüfeğin patlama gücü nedeniyle geriye savrulduğu" şeklinde yorumlayacaktır. Tabii ki, tamamen rasgele şanstı bağımsız olarak, geri planda da %98 cam cisimler olur. Yazık ki, günümüz fizik kuralları aynı fikirde değil..

Bir fişek dolusu ağır saçmanın yeleğe çarpışını, esnek olmayan bir çarpışma gibi düşünersek, kurşunların hedefi olan kurbanın kinetik enerjisinin, saçmaların çarpışma öncesindeki kinetik enerjisinden daha az olması gerekir. Burada "kaybedilen" kinetik enerji aslında kaybolmaz, yalnızca hal değişir. Bir kısmı şok dalgalarına dönüşerek, kurbanda yara-bere ve olasılıkla birkaç kırık kurburgaya mal olur. Bir kısmı da ısıya dönüşür.

Çarpışma sırasında kinetik enerji "kaybedilse" bile, momentumdan hiçbir kayıp olmaz. Kurbanın momentumu, saçmaların ilkin momentumuna eşittir. Çarpışmayı, momentumun korunumu ilkesini kullanarak inceleyecek olursak, vurulan kurbanın geriye doğ-

ru ivmesini hesaplayabilir ve gerçekten o denli bir şiddetle savrulup savrulmayacağına karar verebiliriz.

Bu incelemeyi yapabilmek için, bazı basitleştirici kabullenmeler yapmalıyız. Fizikçiler ve mühendisler (ki uygulamalı fizik bilimcileri olarak düşünülmemeliler), bir olayın gerçekleşme olasılığını hesaplayacaklarında, sıklıkla en basit mantıklı işlemi ya da modelden yararlanırlar ve olayın gerçekleşmesini destekleyen kabullenmeler yaparlar. Bunun nedeni de şudur: Eğer mantıklı kabullenmeleri içeren basit bir model bile herhangi bir etki oluşmayacağını gösteriyorsa, daha ayrıntılı bir model üzerinde çalışmaya gerek yoktur.

Şimdi, olayın gerçekleşme olasılığını artıracak bir kabullenme olarak geriye savrulmayı engelleyen sürtünme etkisini ihmal edelim ve bir cismin momentumunu hesaplamakta kullanılan eşitliğe bakalım:

$$p = mv$$

Eşitlikte p momentumu, m kütleyi, v de hızı temsil ediyor.

Saçmanın kurbanla çarpışması öncesinde, kurbanımız hareket etmediği için momentumu da sıfıra eşit. Bu da şu anlama geliyor: Dikkate almamız gereken tek şey, saçmanın momentumu. İşimizi kolaylaştırmak için, saçmaları tek bir cisim olarak düşünelim. Ancak, her bir saçma tanesinin momentumunu ayrı ayrı hesaplayıp sonra eklemek de aynı sonucu veriyor.

Çarpışmadan sonra, yani kurban ve saçmalar birbirine yapıştığında, bu kez de yalnızca birleşik kütlelerine ait momentumu hesaplamamız gerekiyor. Çarpışma öncesine 1, çarpışma sonrasına da 2 demiş olalım ve momentum eşitliğini " $p_2 = p_1$ " şeklinde gösterelim. Gerekli değerleri yerine koyunca, aşağıdaki eşitliği elde ediyoruz:

$$m_2 v_2 = m_1 v_1$$

Kahramanımızın çarpışma sonrasındaki hızını hesaplamak istediğimize göre, eşitliği şimdi de şu

şekle getirelim:

$$v_2 = (m_1/m_2)v_1$$

Kahramanımızın hızının, kendi kütlesi ve saçmanın kütlesi arasındaki oranla orantılı olduğunu görüyoruz. Kahramanımız 80 kg, saçma 0.0318 kg ve saçmanın hızı da 486 metre/saniye olsun:

$$v_2 = (0.0318 \text{ kg}) / (80 \text{ kg}) (486 \text{ m/s})$$

$$= 0.193 \text{ m/s}$$

Bu da, saatte yaklaşık 695 metreye denk geliyor. Bir insanın saatte ortalama 6,5 km hızla yürüyebildiğini göz önüne alacak olursak, vurulan kurbanların bir tüfek patlaması nedeniyle camdan içeri girmesi falan pek olası görünmüyor.

Aslında bir sorunumuz daha var. Momentumun korunumu, vurulan kurbanlar kadar, tetiği çeken kötü adamlar için de geçerli. Başka bir deyişle, ateş ettikten sonra silahın geri tepiş, tetiği çeken kişiye de kurşunun ve yanan baruttan çıkan sıcak gazların ileri yöndeki toplam momentumuna eşit miktarda ve geriye doğru bir momentum verir. Kurşun hedefi bulduğunda, kurbanımız yalnızca kurşunun çarpışmadan hemen önceki momentumundan etkilenir. Kendisine kadar ulaşmayan sıcak barut gazlarından etkilenmeyecektir. Ayrıca sürtünme nedeniyle, kurşunun namludan çıktığı andaki momentumu da biraz olsun azalmış olacaktır. Bu yüzden de, tetiği çeken kötü adam nasıl en yakındaki dükkanın camından içeri doğru uçmuyorsa, vurulan kurbanın en yakındaki cam cisme doğru uçuş olasılığı ondan çok daha düşüktür.

Bir pencereden içeri geçme olasılığını doğuran bir etken, ancak istemsiz kas kasılması olabilir. Örneğin kurban o anda donup kalmışsa, vurulduğu anda istemsiz olarak kendini geriye doğru atabilir. Ancak böyle bir olasılığı doğrulamak için kimsenin bu deneyi yapacağını sanmıyoruz...

Deniz Candaş

Parıldayan Mermiler

Kahramanımız bir fabrikanın içinde koşarken, terörist makineli tüfeğinin mermilerini ardi arkasına ateşler. Tüfekten çıkan mermiler, dört bir yana sıçrar. Böyle bir görüntü hemen herkes için yeterince etkileyiciyse de, film yapımcıları hâlâ etkiyi daha da ileriye götürmeleri gerekiyor-muş duygusu içindeler. Filmlerde duvarlardan sıçrayan mermileri temsil eden özel efektler, parlak ışık kıvılcımları saçarlar. Oysa ki normal mermiler, özellikle de bildik tabanca mermileri, hiç de böyle davranmaz.

Mermilerin en büyük özelliği, bakır kaplı kurşundan yapılmış olmalarıdır. Bu özellikleri nedeniyle, cisimlere çarptıklarında, çarptıkları cisimler çelikten yapılmış olsa bile, ışık kıvılcımları oluşturmazlar. Hatta kimya sanayiinde bakım-onarım işçileri yanıcı gazların bulunabileceği yerlerde çalışırken onlara yalnızca bakır bileşimlerinden ya da kurşundan çekiçler verilir. Bu tür malzemelerden yapılan çekiçler, vurduklarında kıvılcım çıkartmazlar. Çelik çekiçlerse çıkartır. Çelik çekiçlerin bu özelliğini hiç fark etmediyseniz, şaşırmayın. Bunun nedeni, açığa çıkacak kıvılcımların ideal aydınlatma koşullarında bile güçlkle görülebilecek olmaları.

Bakırın çeliğe kıyasla kıvılcım çıkarmama eğilimi, bu metaller taşlandıığında görülebilir. Bir parça çeliği taşlamak, çok aydınlık bir ortamda bile görülebilecek birçok kıvılcım oluşturmaktadır. Küçük, sıcak çelik parçacıkları, gerçekten de yanar. Oysa ki bakır borular taşlanırsa, taşlama diskinin ya da bakırın üzerindeki bir safsızlığa bağlı olarak seyrek de olsa kıvılcım görülürse de genelde görüntü kıvılcımsız olacaktır. Bakır yanmıyor olsa da, taşlama diskinden ileriye doğru saçılan küçük bakır parçaları çok ısınacaktır.

(Not: Taşlama sıcak ve yüksek hızda metal parçacıkları açığa çıkartan bir işlem olduğundan, potansiyel olarak çok tehlikelidir. Ayrıca taşlama diski çalışma sırasında, çok yüksek bir hızla koparak ayrılabilir ya da yumuşak metaller taşlama diskini tıkayabilir. Tüm bu risklerden ötürü, taşlama işlemi uygun güvenlik ekipmanı ve önlemleri sağlanarak yapılmalıdır.)

Kurşunun taşlanmasını kesinlikle tavsiye etmiyoruz. Çünkü kurşun, taşlama işleminin öteki potansiyel tehlikelerinin yanı sıra, taşlanırken zehirli parçacıklar yaymak gibi bir özelliğe sahiptir. Yine de, pislenmesini önlemek amacıyla kontrollü koşullar altında taşlandıığında, kurşunun da bakırın-kine benzer bir performans sergilediği görülür.

Mermiler katı cisimlere çarptıklarında ısınırlar. En kötüsü, bir mermi hedefine çarptığında tüm kinetik enerjisinin bir anda ısı enerjisine dönüşmesi ve bu ısı enerjisinin tümünün merminin içinde kalması olurdu. Bu durumun gerçekleşmesi pek olana-klı değilse de, hesaplanması çok kolay.

Örneğin 45 kalibrelik bir tabanca mermisinin kütlesinin yaklaşık olarak 0,015 kg, namludan çıkış hızının da şu anda piyasada bulunabilecek mermiler arasındaki en yüksek namlu çıkış hızı olan 288 m/s olduğunu kabul edelim. Kinetik enerji, kütle ve hızın büyüklüğünü kullanarak aşağıdaki



eşitlik yoluyla hesaplanabilir: $KE = 1/2mv^2$

Bu eşitlikte “KE” kinetik enerjisi, “m” kütleyi, “v” ise hızı temsil eder. Bu eşitliği kullanarak hesaplama yaptığımızda, böyle bir merminin kinetik enerjisinin 619 Joule olduğunu buluruz. Bu kinetik enerjinin tümü ısı enerjisine dönüştüğünde ortaya çıkacak sıcaklık artışıysa, şu eşitlikle hesaplanır:

$$\Delta T = Q / m(Cp)$$

Bu eşitlikte “ΔT” sıcaklık farkını, “Q” cisme aktarılan ısıyı, “m” kütleyi, “Cp” ise özgül ısıyı temsil eder. Kurşunun özgül ısısını 0,128 J/g/K olarak aldığımızda, 324°C’lik bir sıcaklık artışı olduğu şeklinde bir sonuç elde ederiz. Eğer mermi hareketine oda sıcaklığında başlarsa, 348°C’lik bir sıcaklıkla hareketini tamamlayacaktır. Bu noktada, kurşunun erime noktasının 328°C olduğunu hatırlamak, sanırım hepimiz için yararlı olacaktır.

Bir an için merminin erimesinden duyduğumuz endişeyi bir kenara bıraksak bile, eğer bu durum gerçekleşseydi neye benzeyeceğini bir düşü- nün. Erimiş kurşun yeni parlatılmış gümüş gibi görünür ve bazen filmlerde, örneğin birilerinin bir kurt adamı öldürmek için gümüş mermi döktüğü sahnelerde, erimiş gümüşü temsil etmek için kullanılır. Öte yandan, erime sıcaklığı 962°C olan gümüş, erirken kırmızılaşarak kor haline gelir. Kurşun görünebilir spektrumda korlaşmadığından, bir damla erimiş kurşun bile görünür ışık oluşturmaz.

Mermiler gerçekten de hesaplamalarımızın öngördüğü kadar ısınır mı? Neyse ki bu sorunun ya-



nıtı “hayır”. Merminin kinetik enerjisinin çoğu, fırlatıldığı anla hedefe ulaştığı an arasında geçen sürede mermiyi terk eder. Kinetik enerjinin bir kısmı merminin çarptığı cisme şok dalgası yoluyla aktarılırken, bir kısmıysa merminin ve çarptığı cismin bozulması ya da parçalanması sürecinde harcanır. Mermilerin çarptıkları cisimle çok iyi bir ısı temasında bulunuyor olmaları, ısının mermiden dışarı aktarılmasına neden olur. Eğer merminin kinetik enerjisinin tamamı içinde kalsaydı ve ısı enerjisine dönüşseydi, mermi çarptığı kişide ürkütücü bir yan- nıktan başka hiçbir zarar oluşturmazdı.

Aynı hesaplamayı daha güçlü tüfek kurşunları için yaparsak, öngörülen sıcaklığın çok daha yük- sek olduğu sonucuyla karşılaşırız. M-16 tüfeklerin- de kullanılan 5,56’lık bir NATO mermisi, hedefine ulaştığında 2744°C’lik bir sıcaklığa ulaşacaktır. Bu sıcaklığın kurşunun kaynama noktası olan 1749°C’den bile daha fazla olması, kinetik enerjinin merminin içinde kalmadığını bir kez daha açık- ca gözler önüne serer. Çünkü aksi takdirde, mer- minin temas anında buharlaşması gerekirdi. Yine de bu hesaplama, böyle bir merminin bildik taban- calarda ve hafif makineli tüfeklerde kullanılanlar- dan çok daha sıcak hale geleceğini göstermek için yeterli.(Hafif makineli tüfekler de, tabancalar gibi 45 kalibrelik 9 mm mermi atar).

Buraya kadar birçok tüfek ve tabanca mermisi attık, ama hala sıradan bir kurşundan çıkan parlak bir ışık kıvılcımı görmedik. Evet, bir mermi hava- da uçarken durgun elektrik yükü toplayabilir. Ay- rıca çarpma anında, birbiriyle çarpışacak ve kıvılcımlar oluşturan sert parçalar oluşturabilir. 5,56 NATO gibi küçük, güçlü bir mermi çelik bir kurşun geçirmez zırha doğru ateşlendiğinde, belli bir dü- zeyde parıldama oluşturmaya yetecek kadar ısın- ma potansiyelinde de olabilir. Ayrıca çelik giydiril- miş ya da çelik çekirdekli mermiler de bazı kıvılcımlar oluşturabilir. Ancak bu etkiler bile, filmler- de gösterilen büyük ışık kıvılcımları kadar etkiliyi- ci değildir ve günışığı koşullarında görülebilmeleri genellikle olanaksızdır.

Beyaz fosfor içeren mermilerse, tüm bu anlat- tıklarımızın dışında kalan birer istisnadır. Ateşlen- dikleri görülebilen bu mermiler, gerçekten de par- lak ışık patlamaları yaratırlar. Bildik mermiler parlak ışıklar yaymadığından, bu tür mermiler ma- kineli tüfek kullanıcılarının mermilerinin nereye çarptığını görebilmelerini sağlayacak şekilde ta- sarlanmışlardır. Ayrıca beyaz fosforlu mermilerin tasarımı, düşman araçlarının yakıt tanklarını de- lerken yangın çıkartmak amacı da taşır. Ağır ma- kineli tüfek mermileri bile, güvenilir yangın çıkart- ma araçları değildir. Fosforlu mermilerin yal- nızca askeri kaynaklarda ve sınırlı sayıda kalibre- lerde bulunabileceğini söylememize, sanırım gerek bile yok.

Aslında hiç de gerekli olmayan “parlayan” mermiler, filmin değerini de düşürürler. Daha az “bağırın” efektlerle çok daha etkileyici olunabile- ceğini bilen akıllı başında filmler zaten, genellikle “parlayan mermiler” gibi basit yöntemlere başvur- mazlar. Örneğin Er Ryan’ı Kurtarmak filmindeki çı- kartma sahnesinde askerler bellerine kadar suyun içinde ilerlerken yalnızca çelik kırıtlara çarpan mermilerin sesini duymak, kesinlikle mermilerin parlamasından çok daha etkileyiciydi.

Ayşenur Topçuoğlu Akman