

Fotosentez gerek doğal, gerek bir örnek işlem olsun, madde ve enerjinin geri kazanılabileceği bir kaynak olarak yorumlanabilir. Şeker kamışı, pancar ve diğer kaynaklarda bulunan karbohidratın, fermentasyon alkolü yoluyla hidrokarbonlara dönüşümü, hidrokarbonların fosil yataklarından geri kazanılmasının ve gelişen fermentasyon teknolojisinin artan pahalılığı yanında ekonomik gelebilir. Hidro karbonların, bilinen kaynaklardan, kauçuk ağacı gibi, doğrudan doğruya fotosentetik üretimi de mümkündür. Fotosentez örnek alınarak kurulacak sentetik sistemler de yakıt ve enerji sağlayabilirler.

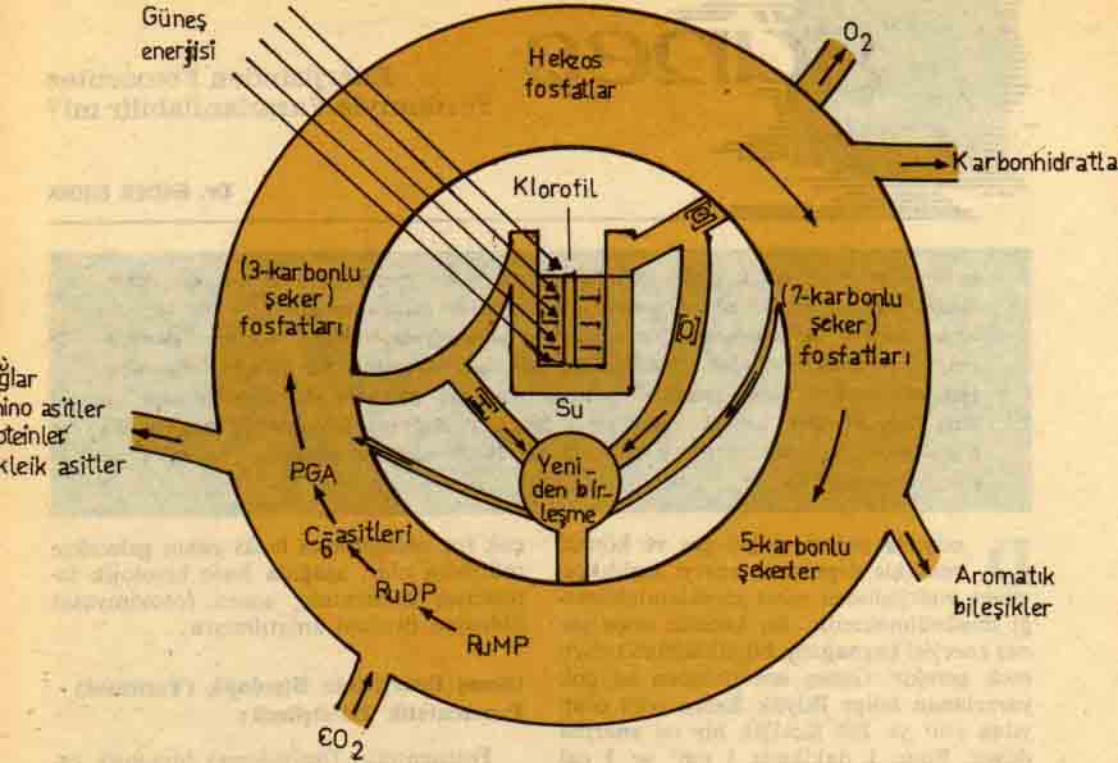
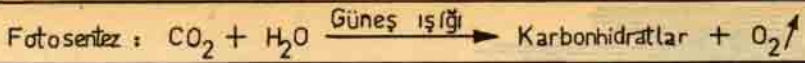
Dunyada petrol, doğal gaz ve kömür şeklinde depolanan enerji azaldıkça, güneş enerjisinden nasıl yararlanılabileceği düşünülmektedir. Bu konuda önce güneş enerjisi kaynağının büyüklüğünü belirtmek gerekir. Güneş enerjisinden en çok yararlanan bölge Büyük Sahra çölü olup yılda cm^2 ye 200 Kcal'lık bir ısı enerjisi düşer. Bunu 1 dakikada $1 cm^2$ ye 2 cal olan güneş enerjisi sabiti ile kıyasladığımızda, güneş enerjisinin hemen hemen yarısının ve hava şartlarına göre değişerek dünya yüzeyine ulaştığını söyleyebiliriz. Yaşam için gerekli olan fotosentez (özümleme) olayında ise bu güneş enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürülür. Fotosentetik işlem örnek alınarak, güneş enerjisi teknolojik olarak kimyasal enerjiye dönüştürülebilir mi? Stanford Üniversitesinin düzenlediği 1974 Enerji simpozyumunda, ışık enerjisinin yararlı enerjiye dönüşümü için iki ilginç örnek sistem önerilmiştir; biri ışık enerjisinden foto-dönüşüm yoluyla hidrojen üretmek için olarak depolamak, diğeri biyolojik membranlar ve sentetik fotosentez kalalizerleri yardımıyla ışığı fotoelektrik hücrelerde elektriksel potansiyel olarak depolamak.

Hidrojen üretimi fotosentezin doğal sonucu değildir. Onun için suyun oksijen ve hidrojene foto-parçalanmasını sağlayan sentetik sistemler geliştirilmelidir. Elde edilecek hidrojen değişik şekillerde yakıt olarak kullanılabilir. İkinci örnek sistemin teknolojik uygulaması şimdilik

çok zor olduğundan belki yakın gelecekte mümkün olur, aşağıda önce biyolojik fotosentez özetlenmiş, sonra fotokimyasal hidrojen üretimi anlatılmıştır.

Güneş Enerjisinin Biyolojik (Tarımsal) Fotosentetik Dönüşümü :

Fotosentezin (özümleme) biyolojik örneği, yeşil bitkilerdeki ve bakterilerdeki fotosentezdir ve bu konuda özellikle son 20 yıl içinde edinilen bilginin genel bir şeması Şek. 1 de görülmüyor. Bitkinin, şeklin merkezinde gösterilen yeşil kısmı güneş ışığını absorplar ve pozitif ve negatif yükleri ayırır; pozitif ve negatif yükler, yeşil bitkide enzim reaksiyonlarında kullanılır. Negatif yüke karşılık gelen hidrojen atomları karbondioksiti indirgemek ve şekere dönüştürmek için kullanılır. Oksijen atomları ile gösterilen pozitif taraf suyu yükseltmek ve moleküler oksijen üretmek için kullanılır. Karbon indirgenmesi çevrimi, karbon dioksitin indirgenmesi için, bitkinin klorofilli kısmından gelen primer indirgeme gücünü kullanır. Fotosentetik karbon çevrimine karbon dioksit'in girmesiyle, bitkide değişik ürünler sentezlenir; yağlar, hidrokarbonlar, proteinler, karbohidratlar, amino asitler, nükleik asitler, v.b. Fotosentetik işlem iki bölüme oluşur; biri, kimyasal indirgeme gücünü sağlayan [H] nin ve yükseltgenme gücünü sağlayan [o] nun fotokimyasal oluşumu ve değeri karbonun indirgenme-



Güneş ışığının fotosentez yoluyla enerjiye ve indirgenmiş karbona dönüşümü. Kısaltmalar : PGA, 3-fosfolik asit; RuDP, ribüloz 1,5 difosfat; RuMP, ribüloz 5-monofosfat; (H), kimyasal indirgeme gücü; (O), kimyasal yükseltme gücü.

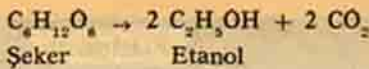
si. Bu bölümler diyagramda sırasıyla içteki ve dıştaki dairelerle gösterilmiştir.

Karbonun fotosentetik indirgenme çevrimi, gerek enerji ve gerekse madde kaynağı olarak kullanılabilir. Fotoelektrik sistemi, doğrudan madde kaynağı olarak kullanmak pek mümkün görünmüyor; çünkü bu yolla elde edilecek enerji ve hidrojen, ikisi de ihtiyaç maddelerinin yapımında kullanılamaz.

Fotosentetik çevrimi, enerji ve madde kaynağı olarak araştırmaya başlamanın bir yolu, doğal fotosentezin, yeryüzünde hertarafa bulunan indirgenmiş karbona

göre verimliliğini yakından öğrenmektir. Üretim özellikle ekvator boyunca yüksektir, yılda m² ye özellikle şeker şeklinde 1 kg. dan fazla karbon düşer. Amaç, hangi bitkilerin bu verimi yaralayacak bir düzeye çıkarabileceğini bulmaktır. Doğal verim çok düşüktür, yüzbinde bir seviyesinde, en yüksek yıllık verime sahip bitki, % 0,6 ile şeker kamışıdır.

Amerikalı kimyasal biyodinamik profesörü M. Calvin, şekerin endüstri hammaddesi olarak kullanılmasını öneriyor. Şeker yakılabilir, fakat daha etkin yöntemlerden biri şeker ve kamış sellülözünü alkolle dönüştürmektedir.



Şekerin ve etanol'ün yanma ısıları sırasıyla 673 Kcal ve 655 Kcal olduğundan bu işlemde pratikçe hiç ısı kaybı olmaz. 1,5 kg. şeker (veya 32 kg. melâs) dan 1 lt kadar alkol ele geçer ve üretim masraflarından dolayı 1 lt fiatı 20 T.L. yi bulur. Petrolde elde edilen alkolün fiatı ise daha yüksektir. O halde fermantasyon alkolü, ucuzluğu, daha doğru olarak petrolün pahalılığı nedeniyle benzine ek bir yakıt olarak düşünülebilir.

Bu çeşit bir kimya ekonomisinin alkol kaynaklarını nasıl etkilediğini 1940 dan bu yana endüstriyel alkol üretiminde görebiliriz. 1940-45 arasında (II. Dünya savaşında), alkol daha çok melâs, sülfür likörü ve doğal karbonhidrat kaynağı olan hububatdan elde edildi. 1950 sıralarında artan petrol üretimi, alkol, pazarını da etkiledi. Şimdi, sıvı hidrokarbonların kralığı ile elde edilen etilenden etanol yapılıyor. Bütün dünyada, etanolün fermantasyon yoluyla üretimi 1960 dan sonra hemen hemen kaybolmuştur, çünkü etilen ucuz bir madde olarak elde edildiği gibi, etanole dönüştürme işlemi de masrafsızdır. Fakat etilen fiatı da son 1-2 yılda hemen hemen beş katına çıkmıştır. Böylece etilenin yüksek fiatı ve plastik endüstrisinde de çok kullanılan bir başlangıç maddesi olması nedeniyle, fermantasyon alkolü, yine ön plâna geçecek görünmektedir.

Karbonhidrat kaynaklarının üretim miktarlarını verelim: Şeker kamışından yılda hektar başına 10 ton kadar şeker elde edilmektedir ki bundan 5 ton etanol ve 3 ton etilen üretilebilir. Bununla beraber şeker kamışında hemen hemen aynı miktarda sellülözde vardır; buna bagas denir ve bunun da yıllık hektar başına verimi 10 tondur. O halde şeker kamışının karbonhidrat verimi 20 ton kadardır ve bu yolla güneş enerjisi dönüşümü veriminin %0,5 olduğu hesaplanmıştır. Şeker pancarı ise yılda hektar başına 5 ton şeker verir, çünkü kamışın aksine bütün yıl boyunca yetişmez.

Bununla beraber karbonhidrat'ın (şekerin) hidrokarbonlara dönüştürülmesi (etanol - etilen - polietilen) oldukça zordur; bunun yerine doğrudan hidrokarbon yapacak bir bitki kaynağı bulunamaz mı? Halen yararlanılan Hevea kauçuk ağacı buna en iyi örnektir ve pekyaygın olarak

Malezya ve Endonezyadaki plantasyonlarda üretilmektedir. Hiç oksijen ihtiva etmeyen ve bir hidrokarbon olan kauçuğun bu yolla yıllık üretimi hektar başına 2,5 tondur. Eğer kauçuk üreticileri bu verimi 8 ton'a çıkarabilirlerse (ki bu 8 ton hidrokarbon demektir), kauçuk bitkisi kimyasal maddelerin yapımında kullanılacak hidrokarbon için önemli bir fotosentetik kaynak olarak görülebilir.

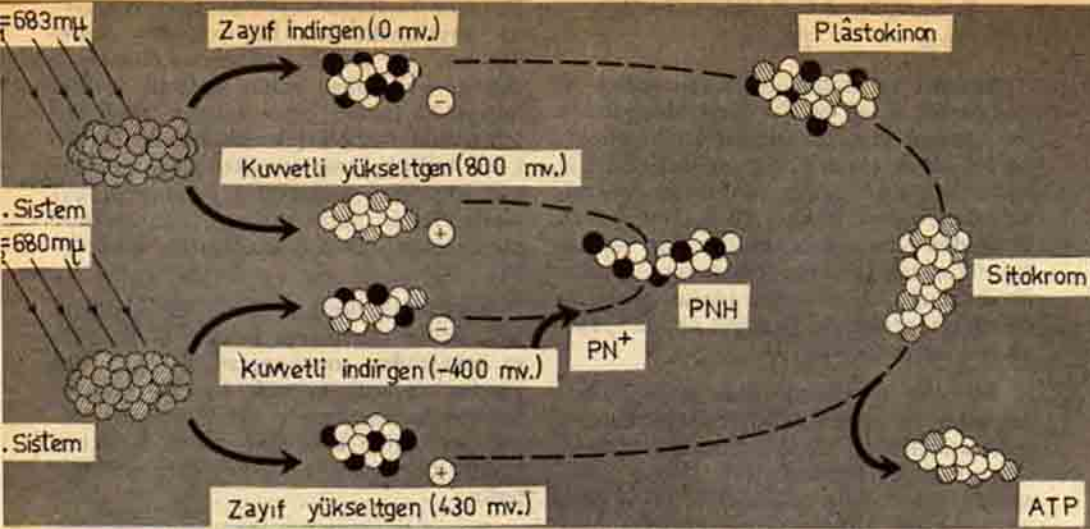
Kauçuğun durumu biraz da endüstriyel alkolün durumuna benzer. İkinci dünya savaşından sonra, petrol ürünlerinden yapılan sentetik kauçuk, kauçuk plântasyonunu hemen hemen durdurmuştur. Bugün kullanılan kauçuğun ancak üçte biri kadarı doğal kaynaklardan elde edilmektedir.

Petrol fiatlarının hızla artışı, diğer doğal hidro-karbon kaynaklarının bulunmasını veya bilinenlerin daha ayrıntılı araştırılmasını zorunlu kıyor. Doğal fotosentetik sistemler karbon dioksit ve güneş ışığından hidro karbon yaparlar. Hidcek ilk doğal fotosentetik işlem ise, şüphesiz ki karbonhidratların dönüşümüdür. Bu konuda uygulanmasına çalışılan ve ekonomi hesapları yapılan yöntemler ise şeker fabrikaları artığı melâs'ın ve hububat artıklarının yakıt alkole dönüştürülmesidir. Bunlardan ikincisi, Amerika'da Nebraska eyaletinde geliştirilmekte olup, 14 bin ton hububat artığından yaklaşık 2 milyon litre alkol yapılmakta ve benzini % 10 oranında katılarak «gasohol» adı altında yeni bir yakıt olarak piyasaya sürülmektedir.

Doğal fotosentetik hidro karbon kaynaklarının kullanılması konusunda aşağıda belirtilen sonuç ilgi çekicidir. Bütün dünyada kimyasal maddelerin ve sentetiklerin yapımı için günde yaklaşık 6 milyon fiçı petrol gereklidir. Bunun hepsinin şeker kamışından (hidro-karbon olarak) teminine girilirse yalnız şekerini kullandığımız takdirde 72 milyon hektarlık, sellülözünü de kullandığımız takdirde 36 milyon hektarlık şeker kamışına ihtiyaç vardır. Buna karşılık 1971 de kamış ekilen alan 1 milyon hektarı, pancar ekilen alan ise 16 milyon hektarı geçmiyordu.

Fotokimyasal Hidrojen Üretimi :

Bugün bitkilerin karbonhidrat ve hidro karbonları nasıl yaptığı ayrıntılı olarak bilindiği halde ışık enerjisinin bu sistem-



Yeşil bitkilerde fotosentetik karbon çevrimi. Kısaltmalar : ATP, adenozin tri fosfat; PNH ve PN⁺, indirgenmiş piridin bileşiği ve yükseltgenmiş hali.

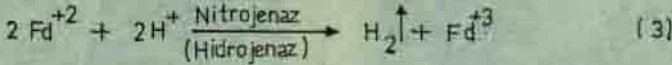
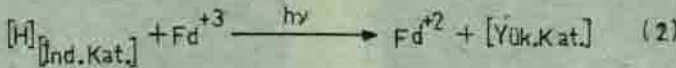
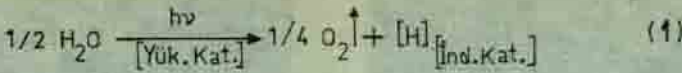
de kullanılışı o kadar açık değildir. Karbon dioksit ve suyun girişiyle başlayan ve şeker, nişasta, sellüloz, ve hidro karbonlar halinde indirgenmiş karbon veren bu çevrimi yürüten enerji bitkideki bir fotoelektrik hücre olarak düşünülebilir. Güneş ışığı bu hücreye girer, sudan oksijeni açığa çıkararak atmosfere bırakır ve geriye kalan hidrojeni, karbon indirgenme çevrimini yürüten iki bileşiğin yapımında kullanır. Çevrimi başlatan bir enzim olan «indirgenmiş piridin bileşiği (PNH)» ve fosfat bağlarının, çevrim için temel enerji kaynağı olduğu «adenozin tri fosfat (ATP)».

Bitkideki fotoelektrik hücre içinde ard arda iki ışık kuantumu absorpsiyonu olur ve her biri ışığın biraz farklı iki dalga boyuna karşı hassastır. Bu iki foto sistem, plâstokionlar ve sitokromlar denen elektron taşıyıcıları ile birbirine bağlıdır. 1. sistem kuvvetli bir indirgen ve zayıf bir yükseltgen, 2. sistem, zayıf bir indirgen ve kuvvetli bir yükseltgen oluşturur. Bir yükseltgen-indirgen çiftinin potansiyeli PNH'yi, diğerininki ATP'yi oluşturur. Bu reaksiyonlar Şek. 2 de gösterilmiştir.

Bu fotosentetik elektron iletimi şeması güneş enerjisinin yararlı bir şekle nasıl dönüştürülebileceği hakkında bazı ipuçları verebilir. Birtakım yeşil bitkilerde ve bakterilerde fotosentezi dışardan etkilemek mümkündür. Karbondioksidi şekere indirgeyen aktif hidrojen yerine, bitki-

nin kullanacağı karbon dioksit, oksijen seviyesi düşük tutularak kısıtlanabilir ve bitkinin güneş enerjisini moleküler hidrojen üretmek üzere kullanması sağlanabilir. Hidrojen oluşturan enzim sisteminin oksijene hassasiyeti nedeniyle, oksijen uzaklaştırılması gereği önemli bir sorun yaratır. Bununla beraber, koşulları, fotosentetik apparatta indirgenmiş karbon yerine hidrojen elde edilebilecek şekilde değiştirmek mümkündür. Bazı bitkilerde ise güneş enerjisini sudan hidrojen yapmak için kullanılan katalitik sistemler olduğu 20 yıldan beri bilinmektedir; bunlardan biri alglerden «Anabaena»dır ve içinde fotosentetik apparata ilâveten hidrojen üreten aparat da vardır. Karbon çevrimi bitkinin yeşil kısmında oksijen üreten hücrelerde olur ve indirgenme ürünleri, hidrojen çıkışıyla bitkinin yeşil olmayan kısmına difüzenir.

Bilim adamları, bu olayı göz önüne alarak, ilgili güneş enerjisi dönüşmesini ve enzimatik sistemleri ayırınları ile araştırıp, benzer şekilde sudan hidrojen ve oksijen üretebilecek bir sistem geliştirme çabasındadırlar. Fakat bu amaçla önce bitkideki oksijen ve hidrojen üretme mekanizmasına iyice bilmek gerekir. Oksijen sudan gelir ve 1 molekül oksijeni 4 elektron uzaklaştırarak iki molekül su verir; 4 atom da hidrojen oluşur. Sistemin bu bölümünde manganiz'in katalitik etkisi vardır; ancak bir tek manganiz atomu-



($h\nu$: ışık kuantumu)

nun 4 elektronu uzaklaştıramıyacağı açıktır. Onun için yapısında iki su molekülü bulunan binükleer mangan kompleksini düşünmüştür. Işık bu kompleksde ligand-metal yük iletimini başlatır ve indirgenmiş metal iyonlarıyla hidrojen peroksit oluşturur; İndirgenmiş metal iyonları da moleküler hidrajene açığa çıkarırlar. Eğer dimangan kompleksini uygun bir sulu çözeltide ışınlandırırsa oksijen açığa çıkar.

Binükleer mangan katalizörü üzerine ışık etkisi ile başlayan bu reaksiyonlar aşağıda verilmiştir. Oksijen oluşturarak indirgenmiş katalizör,

FORMÜLLER

hidrojen açığa çıkaran enzimlerin bulunduğu bölüme geçer ve elektronlarını verip yükseltgenerek eski durumunu alır. Elektronları «ferrodoksin» enzimi olarak indir-

genir ve bu elektronları, hidrojen üreten enzimlerin-hidrojenaz ve nitrojenaz gibi açığa çıkardığı protonlara vererek hidrojeni serbest hale geçirir ve o da eski yükseltgenmiş katalizör durumuna döner.

Bundan sonra, henüz iyice açıklanmayan binükleer mangan kompleksinin yapısı ile beraber «ferredoksin» ve hidrojen üreten enzimlerin de yapılarını ve fonksiyonlarını iyice araştırmak gerekecektir. Bunlar yapıca birbirine benzer ve «ferredoksin» ve hidrojenazda fonksiyonlu gruplar kükürt atomları ile koordinasyona girmiş demir atomlarıdır.

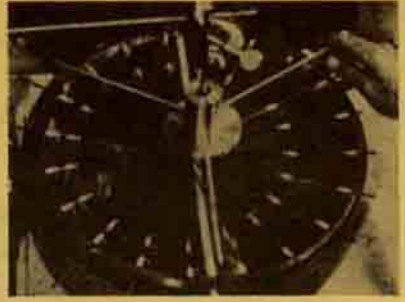
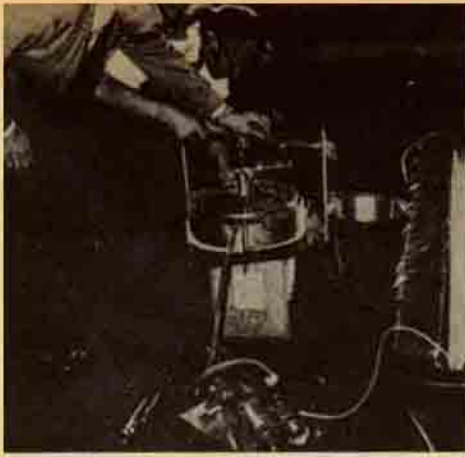
Suyun, hidrojene ve oksijene fotokimyasal olarak parçalanmasını sağlayan böyle bir sistem gerçekleştirilebilir mi? İşlemin teknolojik yönü için simdiden bir yöntem vermek oldukça güçtür. Fakat, belki gelecekte bu yolla üretilen hidrojen de bir yakıt ve enerji kaynağı olarak kullanılacaktır.

Japonların güzel bir adeti vardır. Büyük adamlarını asalet rütbesi ya da şövelilikle onore edecek yerde, onlara daha saygılı olarak «millî insan hazinesi» unvanını veriyorlar.

YOUSUF KARSH

Dikkatlice okunmuş bir sayfa hızlıca okunmuş bir ciltten iyidir.

T. B. MACAULAY



Lawrence Berkeley Laboratuvarı'ndan mucit Ridgeway Banks (geride) çalışmaya başlamadan önce motoru ayarlıyor. Burada cihazın güç kaynağı, bir çatı üstü güneş enerjisi toplayıcısı (sağda) aracılığıyla elde edilmiş ılık sudur (36 C°'de). Buna benzer deneylerde motor bir jeneratöre takılarak ufak bir elektrik lambasını yakacak yeterlilikte elektrik elde edilmiştir.

Soğuk su banyosundan geçerken (solda) Nİtinoel tel ilmekleri gevşektir. Rampaı geçipte soldaki ılık suya düştükleri zaman düz olan ilk başlangıçtaki biçimlerini «hatırlamakta» ve açılmaya çalışmaktadır. İlmeğin uçtaki ucu tahrik çubuğuna tespit edilmiş olup; öbür uça kayabilmek ve tekerin dış halkasını itebilmek için serbesttir.

Sorumluluktan hoşlanan kimse genel olarak onu elde eder. Sadece otorite kurmak peşinde koşan kimse onu genel olarak kaybeder.
MALCOLM S. FORBES

Winston Churehill kitaplarından birinin ilk sayfasına şu sözleri yazarak Franklin D. Roosevelt'e verdi: «sadık» tavuktan bir taze yumurta daha.»

Pencereyi kendiniz açarsanız iyi hava, başkası açarsa ceryan olur.
LUCILL J. GOODYEAR

Yaşlılar dakikaları yavaş, saatleri hızlı yaşarlar; çocuklar saatleri çığner dakikaları yutarlar.

MALCOLM DE CHAZAL