

AST406

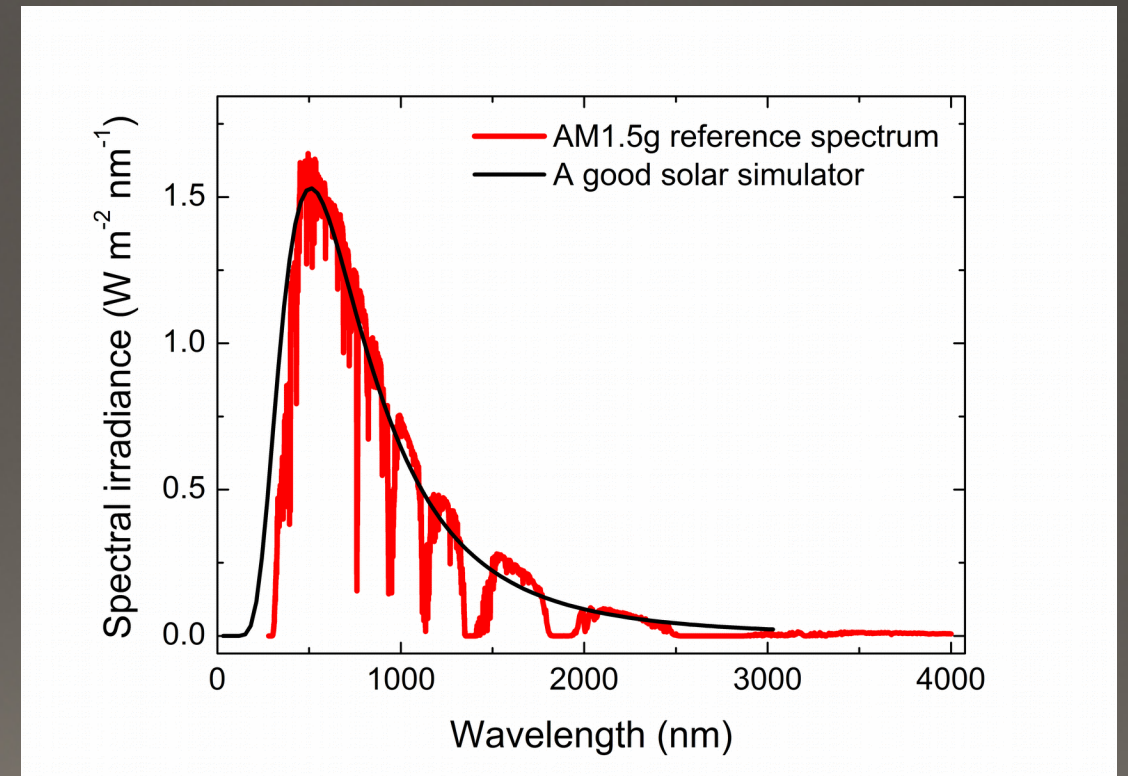
UZUN DALGA ASTRONOMİSİ

Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Yıldızlar ideal olmasa da neredeyse kara cisim gibi ışıma yaptığını biliyoruz. Bu ışıma da Planck yasası ile ifade edilmektedir.

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1},$$

$h \approx 6.63 \times 10^{-27}$ erg s = 6.63×10^{-34} Joule s = Planck's constant,
 ν = frequency in cycles per second, or hertz (so Hz = s⁻¹),
 $k \approx 1.38 \times 10^{-16}$ erg K⁻¹ = 1.38×10^{-23} Joule K⁻¹ = Boltzmann's constant,
 $c \approx 3.00 \times 10^{10}$ cm s⁻¹ = 3.00×10^8 m s⁻¹ = the speed of light, and
 T is the absolute temperature (K) of the black body.



Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Radyo bölgede düşük frekanslar için $h\nu/(kT) \ll 1$
- Örneğin, Güneş'in fotosfer sıcaklığı $T \sim 5800$ K dir. Buna göre $\nu = 1$ GHz için bu değer (1932 deki radyo teknolojisi bu limit frekansa ulaşabiliyordu)

$$\frac{h\nu}{kT} \approx \frac{6.63 \times 10^{-27} \text{ erg s} \times 10^9 \text{ Hz}}{1.38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1} \times 5800 \text{ K}} \approx 8 \times 10^{-6}$$

Expotansiyel terimi Taylor serisine açarsak

$$\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \approx 1 + \frac{h\nu}{kT} + \dots - 1 \approx \frac{h\nu}{kT}$$

Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Bu durumda uzun dalgaboyu için Planck yaklaşımı

$$B_\nu(T) \approx \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{kT}{h\nu} = \frac{2kT\nu^2}{c^2} = \frac{2kT}{\lambda^2}$$

- Yıldızlardan gelen radyo akı çok küçük bir katı açı altında gelmektedir. Hatta öyle ki, $d = 1\text{pc}$ uzaklıktaki Güneş gibi bir yıldızın fotosferinden 1GHz frekansındaki karacisim ışınımını tespit etmesi mümkün değildir.

Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Örneğin, 1 pc uzaklıkta 1 GHz frekansındaki Güneş'in akı yoğunluğu ne olurdu?
- Akı yoğunluğu (S_ν); birim frekansta birim alanda detektör tarafından ölçülen güçtür. Küçük nokta kaynaklarından gelen akı aynı zamanda katı açı ile çarpılması gerekir ($\Omega \ll 1$ sr).

$$S_\nu = B_\nu \Omega$$

- Güneş'in uzun dalgaboyundaki karacisim akısı

$$B_\nu = \frac{2kT\nu^2}{c^2} \approx \frac{2 \times 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1} \times 5800 \text{ K} \times (10^9 \text{ Hz})^2}{(3.00 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1})^2}$$

$$B_\nu \approx 1.78 \times 10^{-15} \text{ erg cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$$

Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Katı açı ise, gözlemciden olan uzaklığa ve kaynağın alanına bağlıdır. Aslında, katı açı d uzaklığındaki alanı Ω açısı altında gören açı olarak tanımlanır.

$$\Omega = \frac{\pi R_{\odot}^2}{d^2} \approx \frac{\pi(7 \times 10^{10} \text{ cm})^2}{(3 \times 10^{18} \text{ cm})^2} \approx 1.71 \times 10^{-15} \text{ sr}$$

- Bu durumda Güneş'in akı yoğunluğu

$$S_{\nu} = B_{\nu} \Omega \approx 3.0 \times 10^{-30} \text{ erg cm}^{-2}$$

Rayleigh-Jeans Yaklaşımı

- Radyo astronomide akı yoğunluğu genelde «Jansky» biriminde ölçülür. Karl Jansky anısına radyo astronomlar bu birimi kullanmaktadırlar.

$$1 \text{ Jy} \equiv 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

Bu durumda Güneş'in akı yoğunluğu

$$S_\nu \approx 0.3 \text{ } \mu\text{Jy}$$

Görüleceği üzere bu o kadar zayıf bir sinyaldir ki modern radyo teleskopları bile bunu ancak ölçebilirler. Günümüzde modern radyo teleskoplar için bu limit

$$S \sim 10 \text{ } \mu\text{Jy}.$$

Bazı Temel Kavramlar

- Gök cisimleri hakkında bilgilerimizin çoğu onlardan gelen ışınımı ölçerek olur. Ancak ışınım gözlemci ile kaynak arasındaki uzaklıktan dolayı değişebilir.
- Eğer gözlemci ile kaynak arasında soğurulma, saçılma ve salma yoksa ışık bir doğru boyunca bize gelecektir.
- Bu ışınımın şiddeti ise gök yüzünde bakış doğrultusuna ve frekansa bağlıdır. Eğer ölçülen ışınım uzaklığa bağlı olarak ifade edilecekse buna «akı» adı verilir. Ancak uzaklıktan bağımsız ise buna **ışınım şiddeti** denir.
- Akı ve ışınım şiddeti kavramlarını iyi anlayabilmek için şu basit duruma bir bakalım.
- Bir $d\sigma$ birim yüzey alanından yüzey normali ile θ açısı altında çıkan yapan bir ışınımı göz önüne alalım.

Bazı Temel Kavramlar

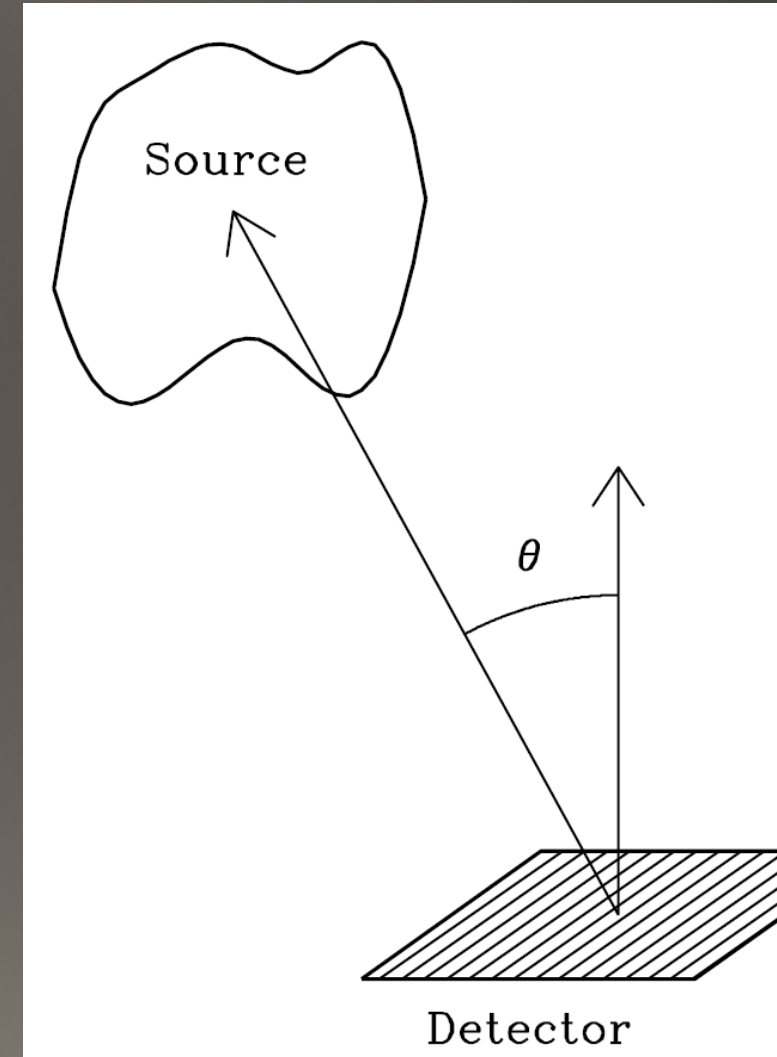
- Buna göre $d\sigma$ yüzey alanından dt zamanında ve $d\nu$ frekans aralığında $d\Omega$ katı açısı altında çıkan ışığın enerjisi de dE ise

$$dE = I_\nu \cos \theta d\sigma d\Omega dt d\nu.$$

- Güç ise birim zamandaki enerji akışı demektir.

$$dP = \frac{dE}{dt} = I_\nu (\cos \theta d\sigma d\Omega d\nu).$$

(watts) ($\text{m}^2 \text{ sr Hz}$)



Bazı Temel Kavramlar

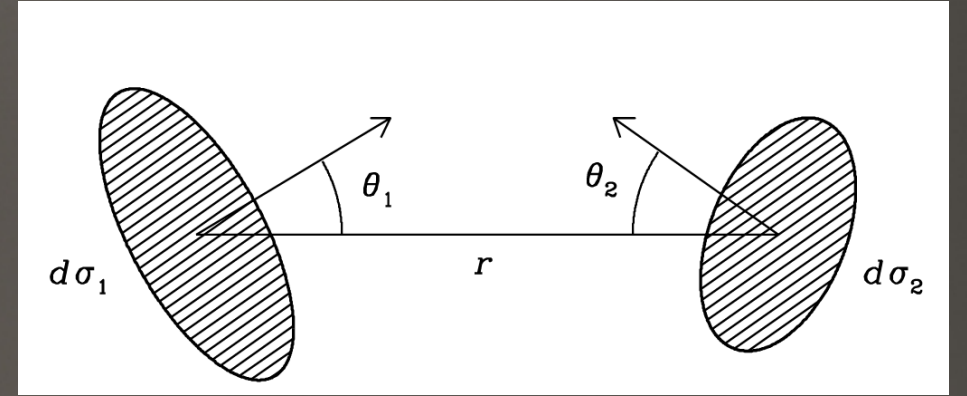
- Bu durumda spesifik ışınım şiddeti $I_\nu \equiv \frac{dP}{(\cos \theta d\sigma) d\nu d\Omega}$ $\text{W m}^{-2} \text{Hz}^{-1} \text{sr}^{-1}$.
- Buradaki spesifik'in anlamı belirli frekanstaki ışınım olduğunu gösterir. Ayrıca $d\nu$ frekans aralığının kullanma amacı da şunlardır
- **1)** kaynakların ayrıntılı tayfı önemli astrofiziksel bilgiler taşır (çizgi oluşumu gibi)
- **2)** kaynağın özelliği frekansla değişmesi (donukluk gibi)
- **3)** daha dar frekans aralıkları için genel teoremler daha doğrudur.
- Spesifik ışınım şiddeti korunumludur ve uzaklıkla değişmez.

Bazı Temel Kavramlar

- Işınım şiddeti uzaklığa bağlı değildir.

$$d\Omega_1 = \frac{\cos \theta_2 d\sigma_2}{r^2}$$

$$d\Omega_2 = \frac{\cos \theta_1 d\sigma_1}{r^2}$$



$$dW_1 = (I_\nu)_1 \cos \theta_1 d\Omega_1 d\sigma_1 d\nu$$

$$dW_2 = (I_\nu)_2 \cos \theta_2 \left(\frac{\cos \theta_1 d\sigma_1}{r^2} \right) d\sigma_2 d\nu$$

$$dW_1 = dW_2$$

$$(I_\nu)_1 = (I_\nu)_2$$

Bazı Temel Kavramlar

- Buradan çıkabilecek iki önemli sonuç vardır.
- 1) Parlaklık (ışınım şiddeti, parlaklık ölçeği değil) uzaklıktan bağımsızdır. Dolayısıyla Güneş'in belirli bir poz süresinde fotoğrafını çekmek için yakın veya uzak olmaya gerek yok.
- 2) Parlaklık kaynakta ve dedektörde aynı olacaktır. Dolayısıyla, parlaklığı (ışınım şiddetini) kaynaktan akan enerji veya dedektöre akan enerji gibi düşünebilirsiniz.

Bazı Temel Kavramlar

- Toplam ışıınım

$$I \equiv \int_0^{\infty} I_{\nu} d\nu$$

- Ay'a eğer daha büyük bir teleskopla bakarsanız daha parlak görmezsiniz sadece daha büyük görürsünüz. Bir başka örnek te, Andromeda gökadasına baktığınızda onu da sönük görürsünüz. Ancak resimdeki gibi uzun poz süresine ile bakabilseydik gerçekten parlak görünürdü. Çünkü zamanla ışık toplanacaktı.



Bazı Temel Kavramlar

- Eğer bir kaynak belirli bir katı açı ile iyi tanımlanmış bir kaynak ise, bu durumda dedektörün birim alanına birim frekansta gelen güce kaynağın **akı yoğunluğu** denir, S_ν .

$$\frac{dP}{d\sigma d\nu} = I_\nu \cos \theta d\Omega$$

$$S_\nu \equiv \int_{\text{source}} I_\nu(\theta, \phi) \cos \theta d\Omega$$

Bazı Temel Kavramlar

- Eğer kaynağın açısal boyutu $\ll 1$ radyan ise, yani $\cos\theta=1$ ise

$$S_\nu \approx \int_{\text{source}} I_\nu(\theta, \phi) d\Omega$$

- Buna göre katı açı

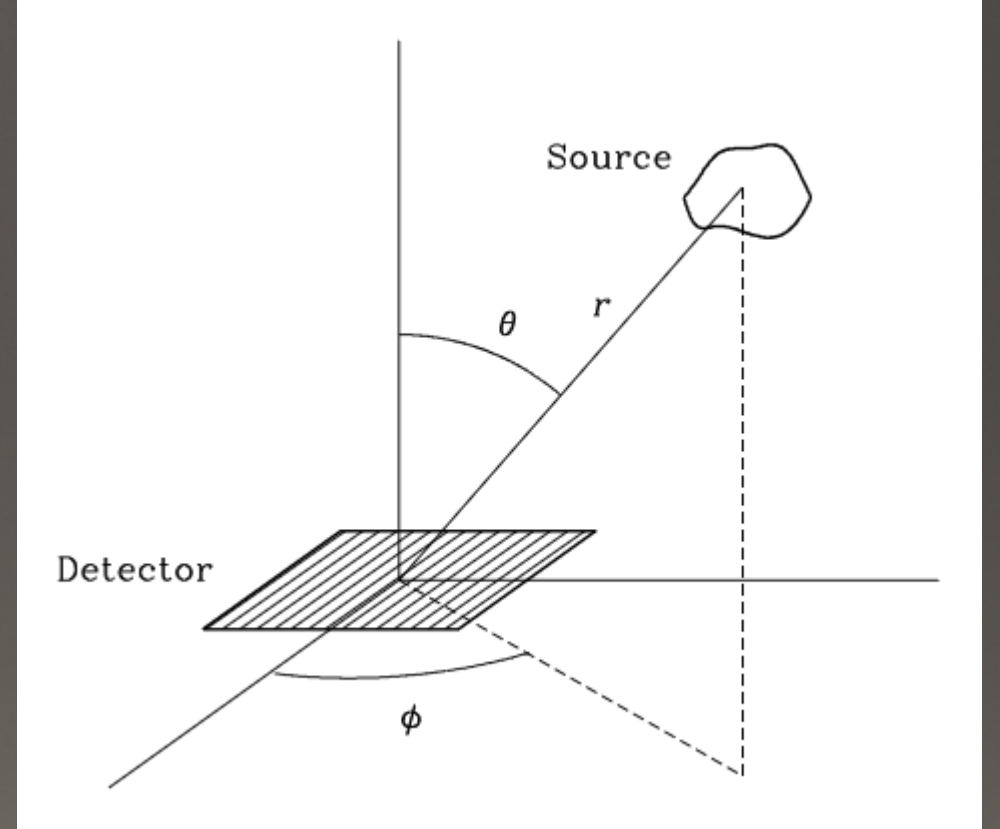
$$\int_{\text{source}} d\Omega \propto 1/d^2$$

- Yani $S_\nu \propto d^{-2}$

- Örneğin, Betelgeuse gök yüzündeki birçok yıldızdan daha parlaktır, çünkü daha büyük çapa yani katı açığa sahiptir.

Bazı Temel Kavramlar

- O halde ne zaman ışınım şiddetini ne zaman akı yoğunluğunu kullanıyoruz? Eğer kaynak çözümlenemeyecek kadar küçük ise, yani teleskobun ayırma gücünden daha küçük açısal boyuta sahipse akı yoğunluğu kullanılır. Bu nedenle akı yoğunluğu kompakt küçük kaynaklar için kullanılır.



Bazı Temel Kavramlar

- Işınım gücü ise ν frekansındaki toplam güçtür.

$$L_\nu = 4\pi d^2 S_\nu$$

- Buradaki d kaynak ile gözlemci arasındaki uzaklıktır.
- Soru, ışınım gücü uzaklığa bağlıdır?
- Bolometrik ışınım gücü ise

$$L_{\text{bol}} \equiv \int_0^\infty L_\nu d\nu$$

Bazı Temel Kavramlar

- **Soru:** Güneş'in bir karacisim gibi ışıma yaptığını varsayarak $T=5800$ K ve $\nu=10$ GHz frekansına karşılık gelen ışıma şiddeti, akı yoğunluğu ve ışıma gücü ne kadardır?

$$B_\nu = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

Bazı Temel Kavramlar

- Cevap:

$$\frac{h\nu}{kT} = \frac{6.63 \times 10^{-27} \text{ erg s} \times 10^{10} \text{ Hz}}{1.38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1} \times 5800 \text{ K}} = 8 \times 10^{-5} \ll 1$$

$$I_\nu = B_\nu \approx \frac{2kT\nu^2}{c^2} \quad \text{Rayleigh-Jeans}$$

$$I_\nu \approx 1.78 \times 10^{-13} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2 \text{ (sr)}} \left(\frac{\text{s}^{-1}}{\text{Hz}} \right)$$

Bazı Temel Kavramlar

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1} = 10^7 \text{ erg s}^{-1}$$

$$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$$

$$I_\nu \approx 1.78 \times 10^{-13} \left(\frac{10^{-7} \text{ W}}{(10^{-2} \text{ m})^2 \text{ sr Hz}} \right)$$

$$I_\nu \approx 1.78 \times 10^{-16} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ sr Hz}}$$

Bazı Temel Kavramlar

- Akı yoğunluğunu için Güneş'in yarıçapı $R_{\odot} = 7.0 \times 10^{10}$ cm
- Uzaklığı ise 1 AB alırsak (1.49598×10^{13} cm)
- Katı açı değeri

$$\theta_{\odot} = \sin^{-1} \left(\frac{R_{\odot}}{r_{\odot}} \right) \approx 4.7 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

- Bu durumda akı yoğunluğu ise

$$S_{\nu} = \int_{\text{Sun}} I_{\nu} \cos \theta d\Omega$$

$$S_{\nu} = I_{\nu} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\theta_{\odot}} \cos \theta (\sin \theta d\theta d\phi)$$

Bazı Temel Kavramlar

- Eğer $x \equiv \sin \theta$ so $dx = \cos \theta d\theta$ v dersek $S_\nu = \pi I_\nu \sin^2 \theta_\odot$
- Ayrıca $\theta_\odot \ll 1$ olduğuna göre $\sin \theta_\odot \approx \theta_\odot$

$$S_\nu \approx \int_{\text{Sun}} I_\nu d\Omega$$

$$S_\nu \approx I_\nu \Omega_\odot \approx \pi I_\nu \theta_\odot^2$$

$$S_\nu \approx 1.78 \times 10^{-16} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ Hz sr}} \times \pi (4.7 \times 10^{-3} \text{ rad})^2$$

$$S_\nu \approx 1.24 \times 10^{-20} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ Hz}} = 1.24 \times 10^6 \text{ Jy}$$

Bazı Temel Kavramlar

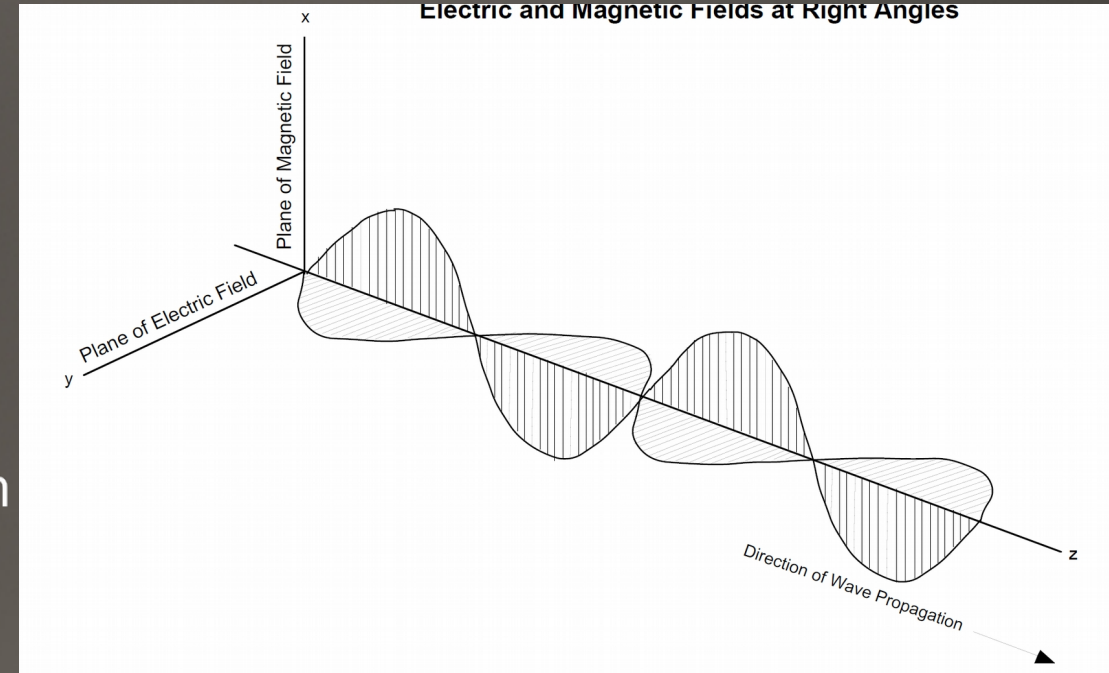
- Işınım gücü ise

$$L_\nu = 4\pi r_\odot^2 S_\nu = 4\pi(1.5 \times 10^{13} \text{ cm})^2 \times 1.24 \times 10^{-17} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

$$L_\nu = 3.5 \times 10^{10} \text{ erg s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$$

Radyo Astronomi

- Radyo penceresi, sınırları kesin olmamakla birlikte **1 mm – 100 km** arasındaki dalgalarına karşılık gelir. Yani 300 Hz-3000 GHz frekans aralığı. Bunlara radyo frekansları (RF) denir. Gözlemsel radyo astronominin temel işlevi gökcisimlerinden gelen radyo ışınımı ölçmektir. Bir radyo kaynağın saldığı elektromanyetik dalga uzayın bir noktasından geçerken değişen bir elektrik ve manyetik alan oluşturur. Bilindięi gibi sabit frekanslı elektrik ve manyetik alan vektörleri **t** zamanının fonksiyonu olarak



$$E = E_0 \cos(2\pi\nu t + \alpha) \quad , \quad H = H_0 \cos(2\pi\nu t + \alpha)$$

şeklinde olacaktır. Burada E_0 elektrik dalganın ve H_0 da manyetik dalganın genliğidir. Bu frekansta radyo teleskoba gelen enerji miktarı

Radyo Astronomi

$$S = \frac{c}{8\pi} (E_o^2 + H_o^2)$$

ile verilir. Radyo kaynağı çok uzakta olduğundan elektromanyetik kurama göre $E_o = H_o$ olduğundan,

$$S = \frac{c}{4\pi} E_o^2 \quad \text{olur.}$$

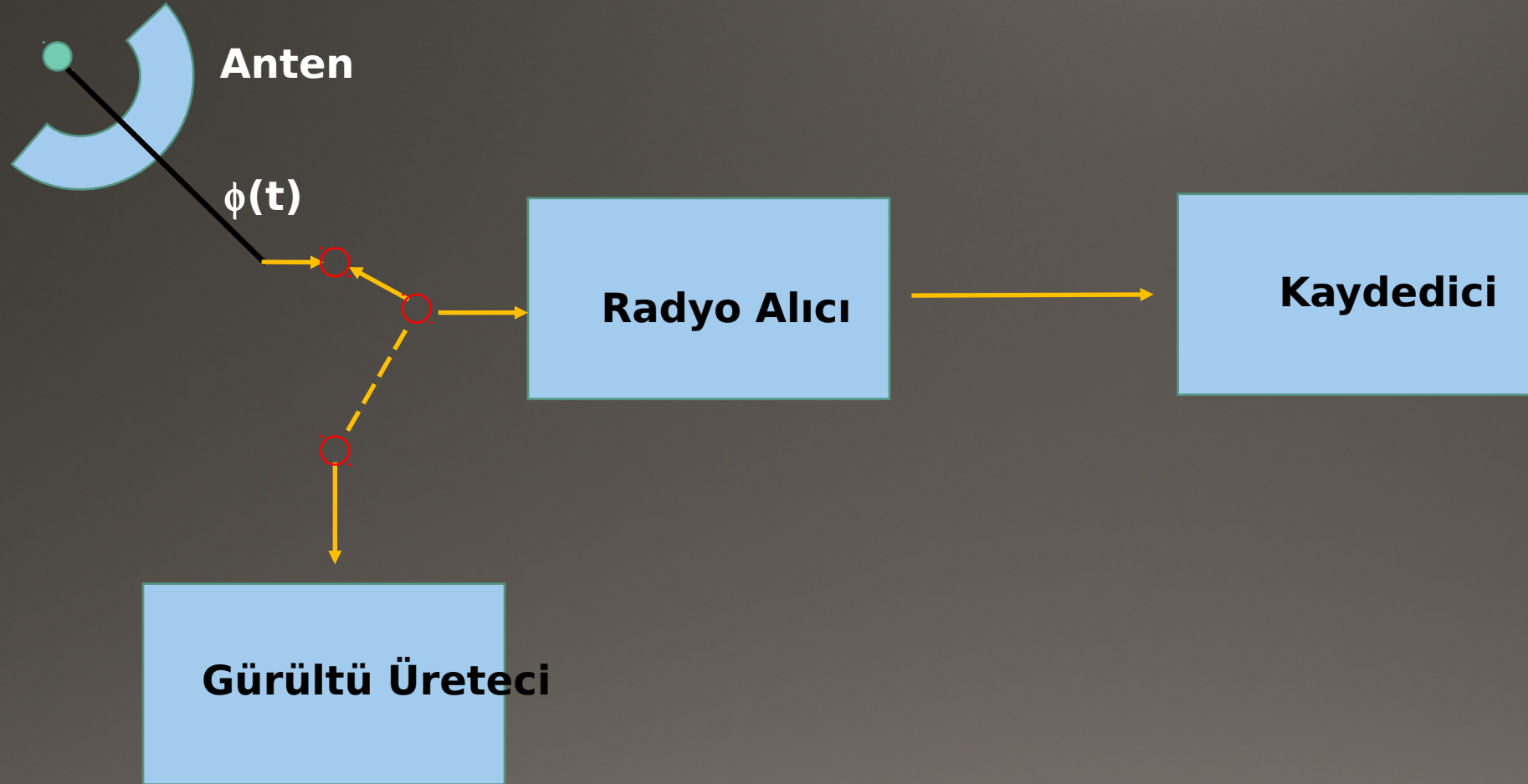
Genel olarak radyo dalgaları, çeşitli frekansların karışımı olduğundan bu S ile verilen ifade gibi çok sayıda terimin toplamı söz konusu olur. Bu, optik bölgedeki “beyaz ışık” durumuna benzer. Bu ışığı toplamak için bir optik teleskoba, toplanan ışınımı tayfına ayırmak için tayfçekere ihtiyaç vardır. Radyo bölgede ise bu görevi radyo teleskoplar yapar. Özetle, bir radyo teleskobun görevi 1) bu enerjinin olabildiğince büyük bir oranını toplamak ve kaydetmek, ve 2) bu enerjiyi çeşitli frekans (veya dalgaboyu) bileşenlerine ayırmaktır.

Radyo Teleskoplar

- Radyo teleskoplar optik teleskoplara benzerler. Ancak radyo dalgaları cam bir ayna yerine metal bir yüzey üzerine yansıtılır. Bu yüzey ne kadar büyürse o kadar fazla radyo sinyali toplanır.
- Bir radyo teleskobun temel bileşenleri şu şekilde verilmektedir.



Radyo Teleskoplar

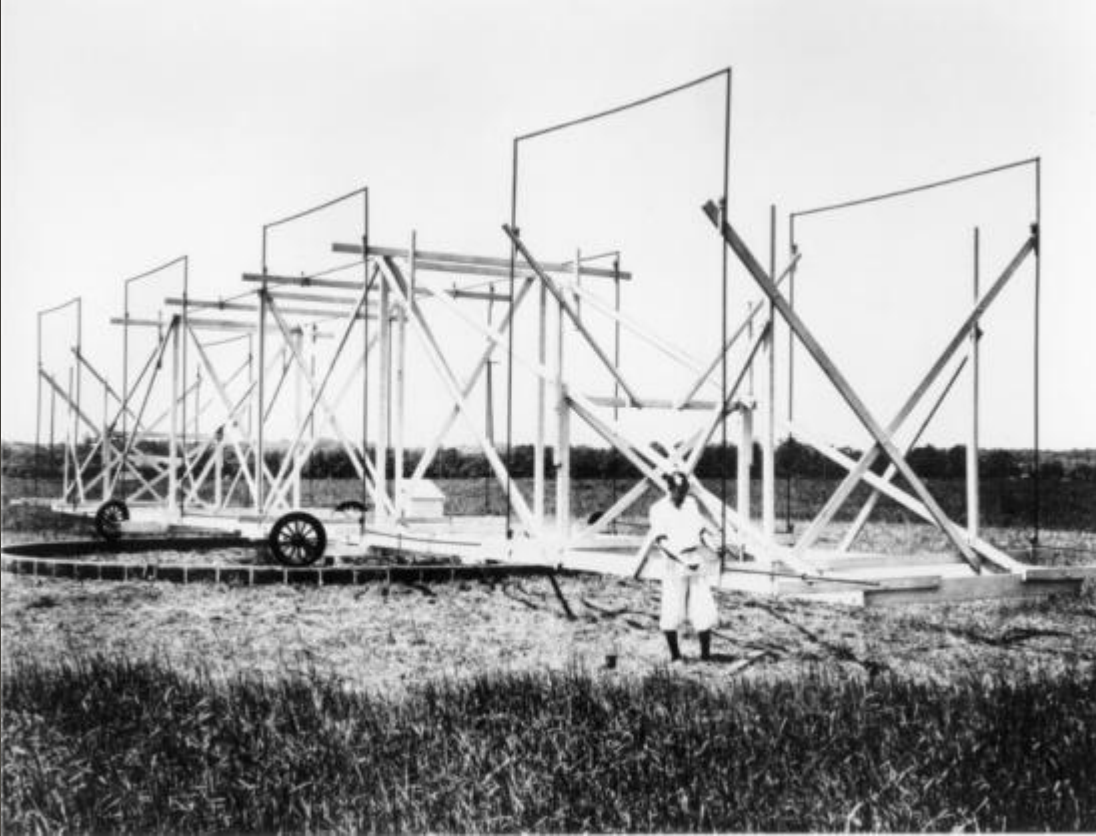


Antenler

Bir radyo teleskobun anteni optik teleskobun objektifine, yani ayna veya merceğine karşılık gelir. İki çeşit radyo teleskop anteni vardır :

- 1- Çok sayıda dipollerden oluşan bir dizi veya diziler,
- 2- yüzeyi,
 - a) tamamen metal, ya da
 - b) metal çubuklardan oluşan bir ağ biçiminde büyük, çukur paraboloid “çanaklar”.

Antenler



Jansky'nin Radyo antenleri



Murchison Widefield Array, bir dipol anten

Antenler



VLA (Very Large Array)



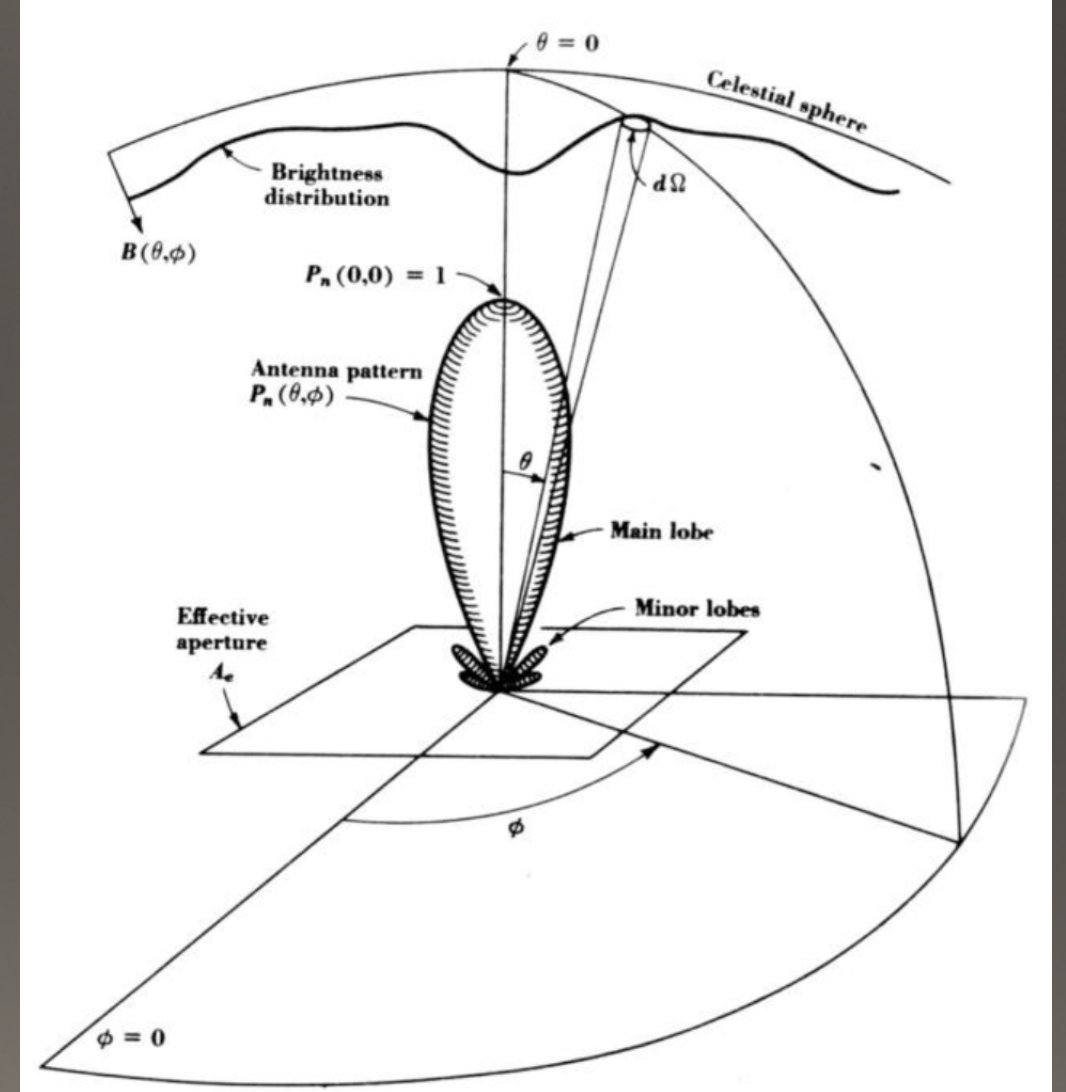
Parkes Radio Teleskobu

Radyo Işınım

- θ ve φ bir radyo kaynağın verilen bir doğrultusunun açısal koordinatları olsun. Işınım yoğunluğu $I_v(\theta, \varphi)$ olan bu kaynağa anteni yöneltelim. Yönlülük özelliğinin bir sonucu olarak, antenin soğuracağı güç

$$P_{sog} = \frac{1}{2} \int A_v(\theta, \varphi) I_v(\theta, \varphi) d\Omega dv$$

Anten kutuplanmanın yalnız bir bileşenini aldığı için $\frac{1}{2}$ çarpanı konmuştur.



Radyo Işınım

Radyo astronomide kaynakların ölçülen akı yoğunlukları çoğunlukla $10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$ mertebesinde olduğundan buna akı birimi ya da **Jansky** denir, yani

$$1 \text{ Jy} = 1 \text{ akı birimi} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$$

Radyo Işınım

- Kaynağın en parlak olduğu doğrultu $\theta = \varphi = 0$ olduğu , yani anten ekseninin kaynağa yöneldiği durumdur.
- $A(\theta, \varphi)$ fonksiyonunun kutupsal koordinatlardaki gösterimi, antenin yön diyagramıdır. Yönlendirilebilir, parabolik bir anten için çok basit, eksene göre simetriktir ; ancak sabit, simetrik olmayan bir dizi anten için biraz daha karmaşıktır. $A(\theta, \varphi)$ nin boyutları alan boyutları ile aynıdır. Bu nedenle A' ya antenin **ETKİN ALANI** denir. $\theta = \varphi = 0$ doğrultusunda en büyük değerini alır. Bunu da A_0 ile gösterelim.

Radyo Antenlerin Temel Parametreleri

- Radyo antenlerin başlıca temel parametreleri şunlardır;
- Etkin Alan
- Kazanç
- Ayırma Gücü
- Demet Genişliği

Etkin Alan

- Ölçülen güç ile kaynağın akısı arasındaki orandır.

$$A_e \equiv \frac{P_\nu}{S_{(\text{matched})}}$$

ancak biz ölçüm yaparken sadece tek doğrultuda kutuplanmış akıyı ölçmekteyiz.

$$S_{(\text{matched})} = \frac{S}{2}$$

- Antenin etkin alanının bütün yönler üzerinden ortalaması

$$\langle A_e \rangle \equiv \frac{\int_{4\pi} A_e d\Omega}{\int_{4\pi} d\Omega}$$

Etkin Alan

- Ortalama etkin alan yaklaşık olarak

$$\langle A_e \rangle = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

- Dolayısıyla sadece dalgaboyuna bağlıdır.
- Eş yönlü bir antende etkin alan ortalama etkin alana eşittir.

$$A_e(\theta, \phi) = \langle A_e \rangle = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Kazanç

- Kazanç G ile gösterilen ve boyutsuz bir birimdir. Radyo antenin yön diyagramının yönelim derecesini ölçer. Maksimum kazanç durumunda anten belirli bir doğrultuda ışınımı ölçer, düşük kazanç ta ise daha geniş bir açı altında gelen ışınımı ölçer.

$$G(\theta, \phi) \propto A_e(\theta, \phi)$$

$$G(\theta, \phi) = \frac{\text{antenin aldığı maksimum yeğinlik}}{\text{belirli bir doğrultuda aldığı yeğinlik}}$$

- Eş yönlü bir antende $\int G(\theta, \phi) d\Omega = 4\pi$ yani $\langle G \rangle = 1$

$$A_e(\theta, \phi) = \frac{\lambda^2 G(\theta, \phi)}{4\pi}$$

Örnek

- Bir dipol antende kazanç $G(\theta, \phi) = \frac{3 \sin^2 \theta}{2}$ olduğuna göre $\nu=10\text{GHz}$ de Güneş'in akısı $S=1.2 \times 10^6 \text{ Jy}$ ise en zayıf güç ne kadardır?

Cevap;

En zayıf güç $\theta=90$ için olur.

$$A_e(\theta, \phi) = \frac{\lambda^2 G(\theta, \phi)}{4\pi} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \frac{3 \sin^2 \theta}{2}$$

$$A_e = \frac{3\lambda^2 \sin^2 \theta}{8\pi}$$

Örnek

$$A_e = \frac{3 \times (0.03 \text{ m})^2}{8\pi} = 1.07 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \approx 1 \text{ cm}^2$$

$$P_\nu = A_e S_{(\text{matched})} = \frac{A_e S}{2}$$

$$P_\nu = 1.07 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times \frac{1.2 \times 10^6 \text{ Jy}}{2} \times \frac{10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}}{1 \text{ Jy}}$$

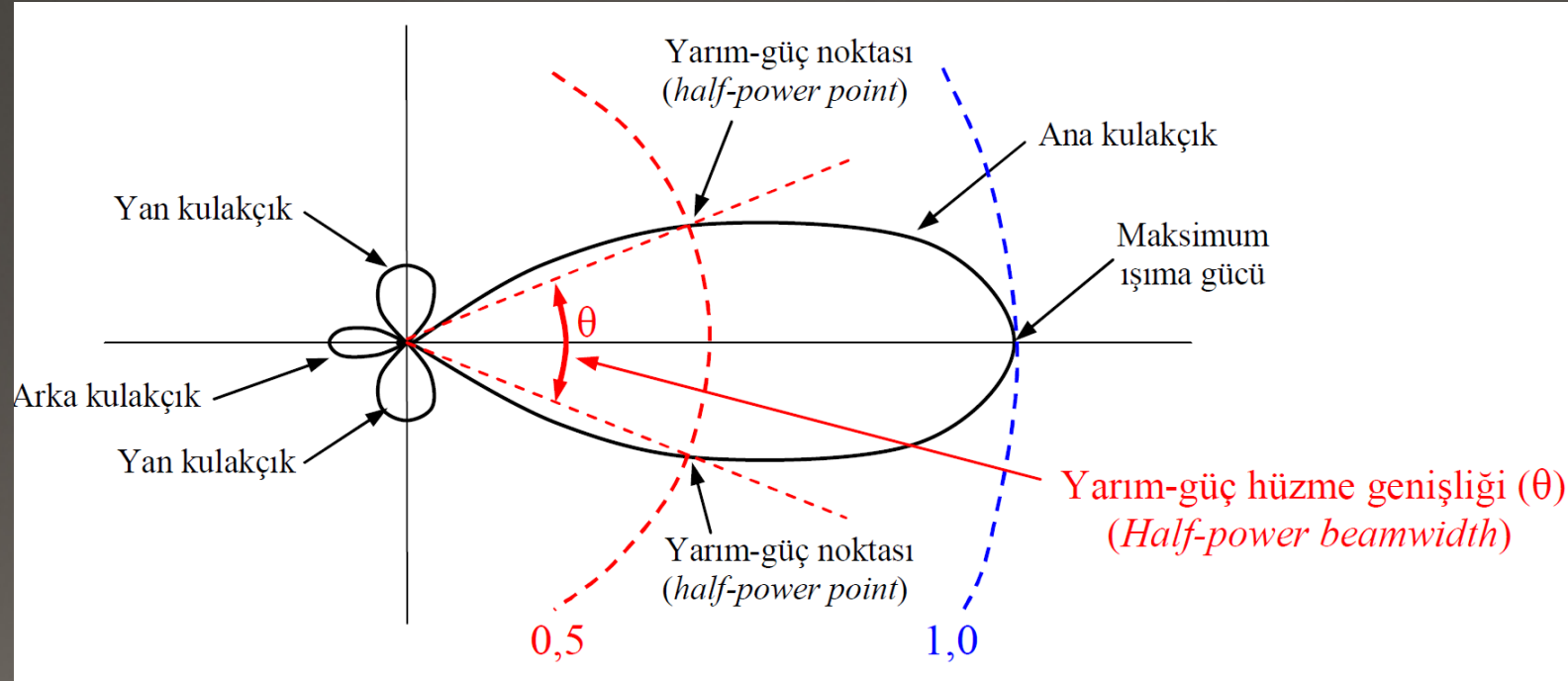
$$P_\nu = 6.4 \times 10^{-25} \text{ W Hz}^{-1}$$

Ayırma Gücü

- Yarıçapı D olan bir teleskobun ayırma gücü, yani ancak ayrılabilen komşu iki gök cismi arasındaki açısal uzaklık $1.22 \lambda / D$ (radyan) olarak verilir.
- Radyo teleskoplarda bu, ana şişimin **açısal çapıdır**. Dolayısıyla λ büyüdükçe, biçimi aynı kalmasına karşın, şişimin genişliği artar. Bu nedenle açısal genişlik $\theta = 1.22 \lambda / D$ verildiği zaman frekans da verilir (1420 MHz de 0.1 gibi).

Demet Genişliği

- Bir antenin **demet genişliği**, genellikle kutupsal diyagramında $A = A_0 / 2$ olan noktalara giden doğrultular arasındaki açı olarak tanımlanır. Dolayısıyla **demet genişliği**, **ayırma gücünün** bir ölçüsüdür.



Parlaklık Sıcaklığı

- Bir radyo kaynağın **parlaklık sıcaklığı**, yıldızlar için tanımlanan etkin sıcaklık T_e gibi tanımlanır. Kaynağın saldığı ışınımın denk ışınım alanı bir karacisim sıcaklığına o kaynağın **parlaklık sıcaklığı** denir. T_e renge bağlı olmadığı halde parlaklık sıcaklığı λ ya bağlıdır. ν frekansındaki parlaklık sıcaklığı şöyle tanımlanır :

$$B_\nu \approx \frac{2kT\nu^2}{c^2} \quad \longrightarrow \quad T_b = \frac{I_\nu \lambda^2}{2k}$$

- Radyo astronomide $h\nu / kT \ll 1$ olduğundan Planck fonksiyonu için Rayleigh-Jeans yaklaşımı kullanılır ve $I_\nu = B_\nu$ konursa $T_b = T$ olduğu görülür. Yani T_b , ν ile $\nu+d\nu$ frekans aralığında kaynağın I_ν enerjisine eşit enerji alanı bir kara cismin sıcaklığıdır.

Parlaklık Sıcaklığı

- Parlaklık sıcaklığı pratik olarak bir cismin ışıınım şiddetini belirleme imkanı verir.
- Radyo astronomide radyo teleskoplar kaynaktan gelen soğurma ve bilinmeyen diğer kaynaklardan gelen soğurma nedeniyle ölçülen sıcaklıkların içerisinde gürültü karışmıştır.
- Eğer kaynağımız optik olarak çok kalın ise ($\tau \gg 1$) bu durumda bu sıcaklık gerçek sıcaklığa eşit olabilir.