



Promieniowanie IR, UV, LASER

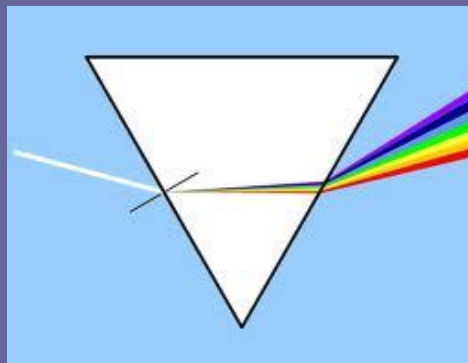
Dr n. med. Małgorzata Chochowska



Promieniowanie UV

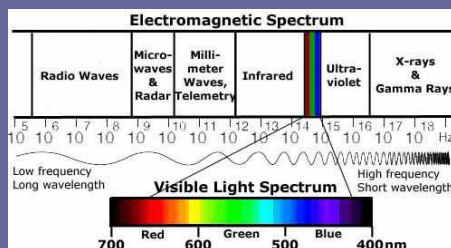
Promieniowanie UV

- Słowo "ultrafiolet" oznacza "powyżej fioletu" i utworzone jest z łacińskiego słowa "ultra" (ponad) i słowa "fiolet" oznaczającego barwę o najmniejszej długości fali w świetle widzialnym
- Dawniej było nazywane promieniowaniem pozafioletowym lub nadfioletowym.



Promieniowanie UV

- promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali od 10 nm do 400 nm
- niektóre źródła za ultrafiolet przyjmują zakres 100–400 nm).
- Jest niewidzialne dla człowieka.
- Promieniowanie ultrafioletowe ma fale krótsze niż światło widzialne i dłuższe niż promieniowanie rentgenowskie.



Promieniowanie UV

- Pierwotne ssaki mogły odbierać ultrafiolet za pomocą receptorów SWS1. Większość utraciła tę zdolność.
- Współcześnie ultrafiolet mogą odbierać niektóre gatunki gryzoni, nietoperzy i torbaczy oraz renifery. Te ostatnie dlatego, że żyją w Arktyce, gdzie ultrafiolet działa szczególnie intensywnie (cieńsza warstwa ozonowa i odbijanie od śniegu).
- Renifery są też wyjątkowo odporne na uszkodzenia wzroku spowodowane promieniowaniem o tej długości fali.
- Korzyść ewolucyjna z widzenia ultrafioletu dla reniferów to możliwość dostrzeżenia porostów (pokarm) i wilków (polujących na renifery), które pochłaniają ultrafiolet.
- Niektóre owady, np. pszczoły, widzą promieniowanie ultrafioletowe.
- Również rośliny mają specjalne receptory, które reagują na ultrafiolet.

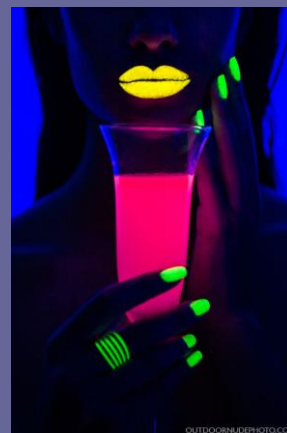
Świat w UV



Świat w UV



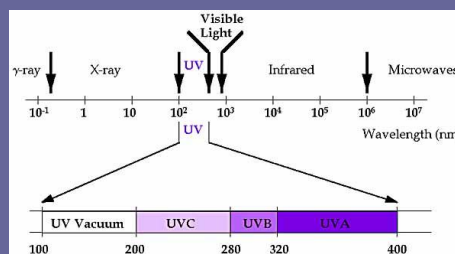
Świat w UV



Promieniowanie UV - podział

Zarówno zakres całego ultrafioletu, jak i podziały na podzakresy, mają charakter umowny. Wyróżnia się zakres:

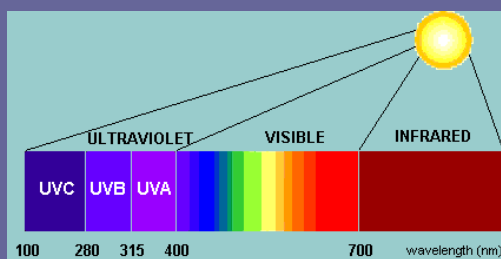
- **skrajny** – długość fali: 10–121 nm
- **daleki** – długość fali: 122–200 nm
- **pośredni** – długość fali: 200–300 nm
- **bliski** – długość fali: 300–400 nm



Promieniowanie UV - podział

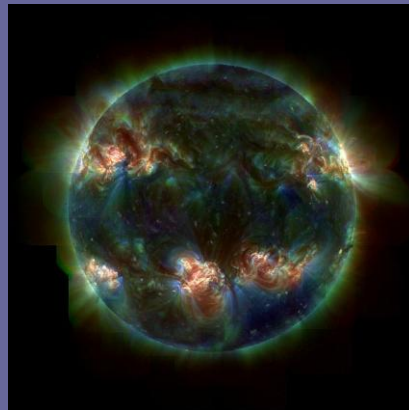
Ze względu na skutki działania promieniowania UV na organizmy żywe:

- **UV-C** – długość fali: 100–280 nm
- **UV-B** – długość fali: 280–315 nm
- **UV-A** – długość fali: 315–400 nm

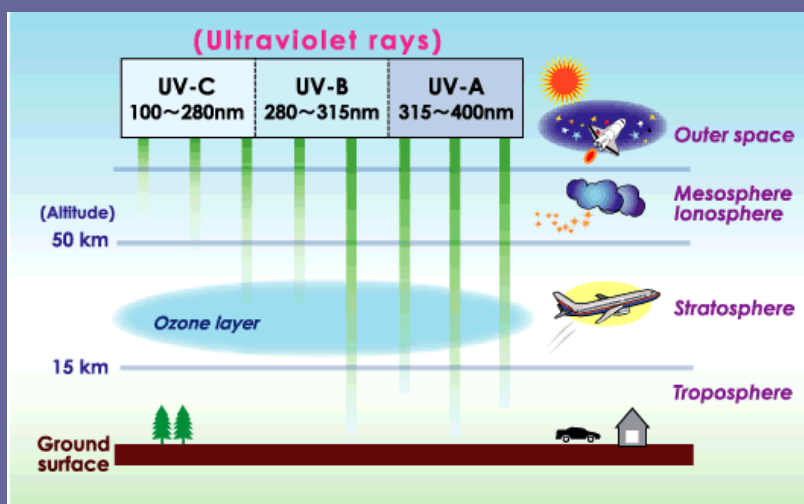


Promieniowanie UV

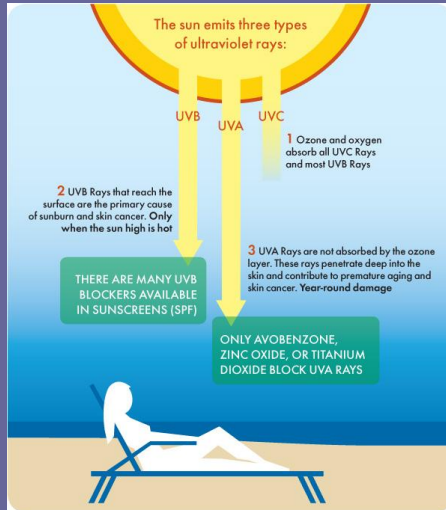
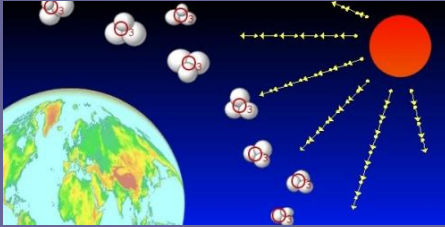
- Słońce emituje ultrafiolet w zakresie
- UV-A, UV-B i UV-C
- Ziemska atmosfera pochłania całkowicie UV-C oraz część UV-B w warstwie ozonowej.
- W efekcie około 97% ultrafioletu, który dociera do powierzchni Ziemi, to UV-A.



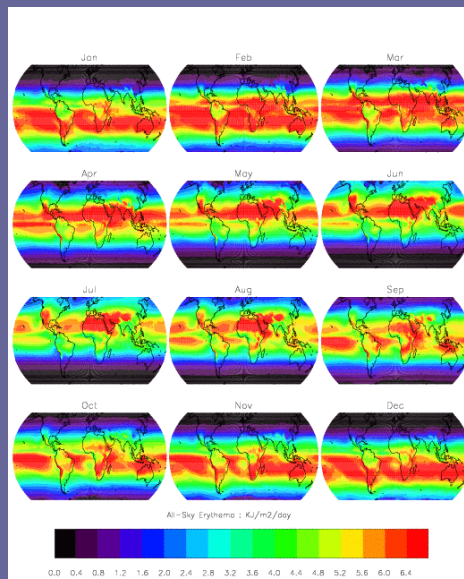
Przenikanie promieniowania UV



Przenikanie promieniowania UV



Zmienność grubości warstwy ozonowej



UV-A

- Promieniowanie UV-A jest mniej szkodliwe niż promieniowanie z pozostałych zakresów, ale uszkadza włókna kolagenowe w skórze, co przyspiesza procesy starzenia
- Długoletnia ekspozycja na duże dawki promieniowania UV-A może powodować zaćmę (tzw. zaćma fotochemiczna), czyli zmętnienie soczewki.
- Nie dotyczy to promieniowania UV o innych częstotliwościach, ponieważ jest ono pochłaniane w całości przez rogówkę.



UV-B

- Promieniowanie UV-B powoduje wytwarzanie witaminy D w skórze, przeciwdziałając w ten sposób powstawaniu krzywicy.
- Aby proces ten mógł zachodzić, potrzebna jest pewna minimalna dawka promieniowania.
- Promieniowanie w tym zakresie może powodować rumień skóry oraz objawy alergiczne.



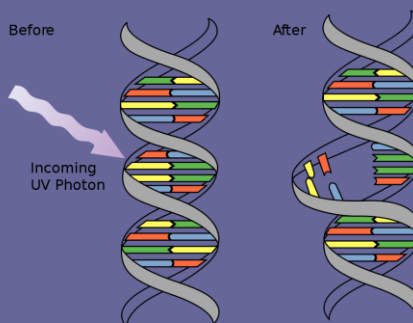
UV-B

Długa ekspozycja na działanie UV-B ma związek ze zwiększoną częstością występowania nowotworu złośliwego skóry (czerniaka), a także częstszych (choć mniej agresywnych) guzów, jak rak płaskonabłonkowy i podstawnkomórkowy.



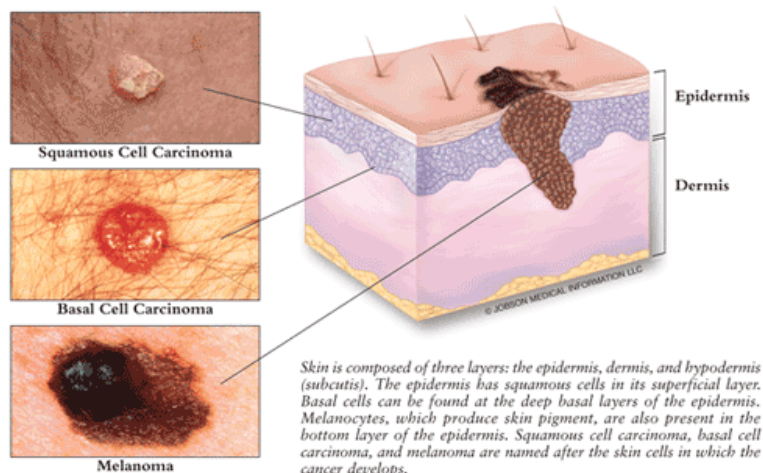
UV-C

- Promieniowanie UV-C, a może prowadzić do uszkodzenia łańcuchów DNA, w wyniku czego dochodzi do mutacji.
- W warunkach prawidłowych większość uszkodzeń DNA jest usuwana przez systemy naprawcze.
- Osoby obarczone wadami tych systemów naprawy bardzo często chorują na nowotwory skóry.
- UV-C ma właściwości bakteriobójcze.



Nowotwory skóry związane z ekspozycją na UV

Figure 1. Types of Skin Cancer



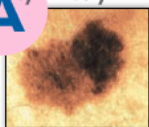
Source: National Cancer Institute. NCI Visuals Online. <http://visualsonline.cancer.gov>. Accessed October 9, 2012.

Czerniak złośliwy

ABCD's of Skin Cancer

Use these four simple rules when examining yourself for skin cancer.

Asymmetry



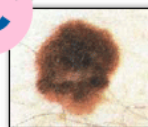
Cancerous moles are not a regular shape - one side does not match the other.

Border



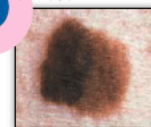
Cancerous moles have jagged or blurred borders.

Color



Cancerous moles are not uniform in color - there are different shades of black, brown or tan. They also can have white, red, or blue splotches.

Diameter

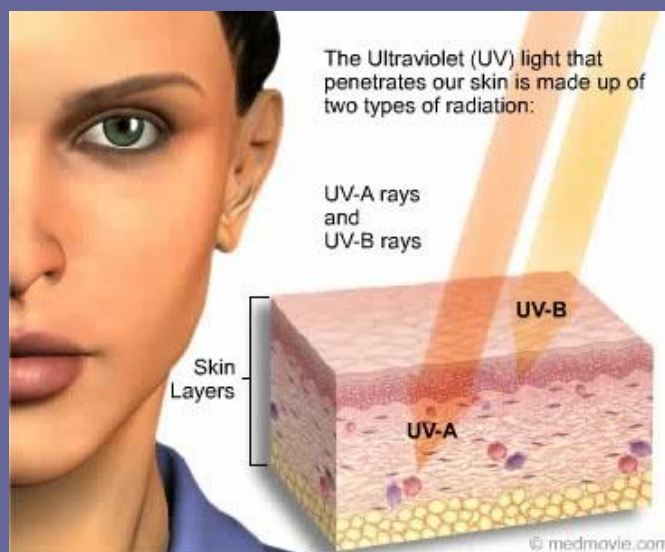


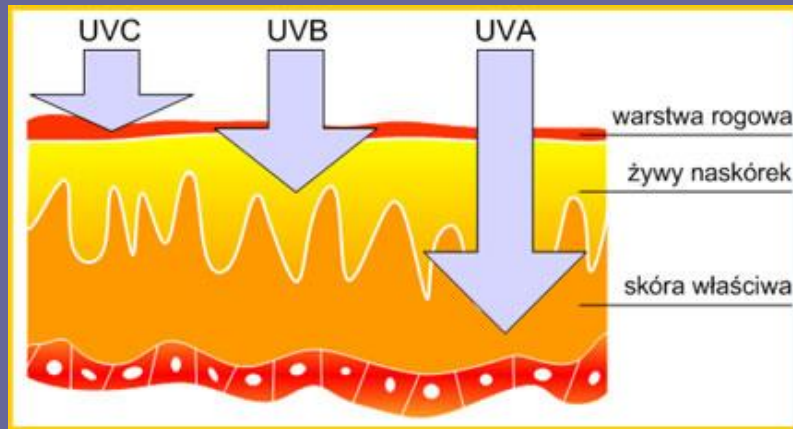
Cancerous moles are often more than 6mm in diameter.



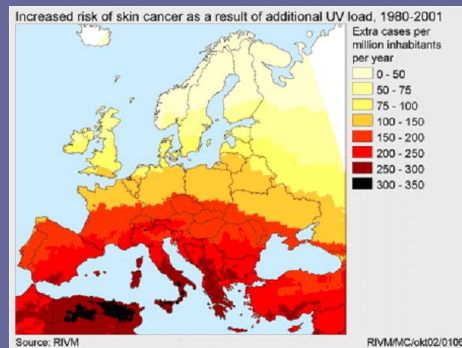
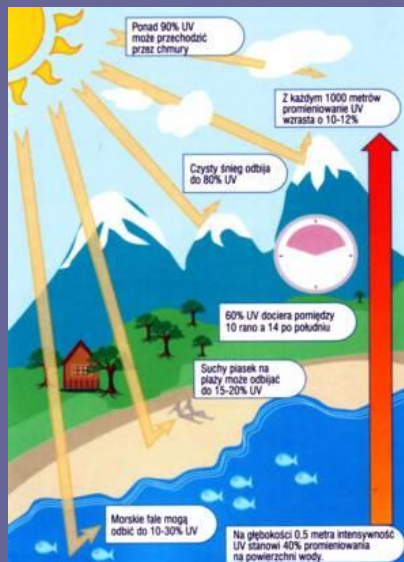
Ekspozycja na UV

Głębokość wnikania UV-A i UV-B





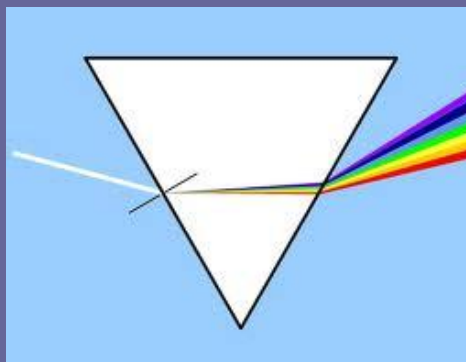
Zwiększona ekspozycja na UV



Promieniowanie IR

Promieniowanie IR

- Skrót IR – oznacza *infra red* – czyli: „pod-czerwień”, promieniowanie podczerwone
- Jest to promieniowanie optyczne o długości fali λ wynoszącej od 780nm do 1mm.



Promieniowanie IR



- Każde ciało o temperaturze większej od zera bezwzględnego emituje promieniowanie ciepłe. Już w temperaturze kilku kelwinów ciała emitują promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie dalekiej podczerwieni. Ciała o temperaturze pokojowej emitują najwięcej promieniowania o długości fali rzędu 10 μm . Przedmioty cieplejsze emitują więcej promieniowania i o mniejszej długości, co pozwala na ich łatwe wykrycie.

Świat w IR



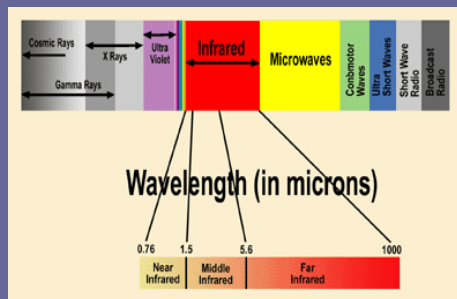
Świat w IR



Promieniowanie IR

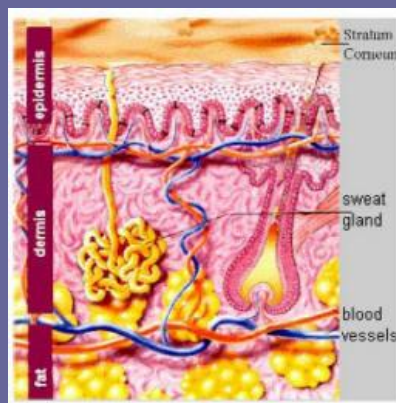
Promieniowanie to dzieli się na następujące zakresy w zależności od długości fali I:

- IR-A (podczerwień bliska) - 780 ÷ 1400 nm
- IR-B (podczerwień średnia) - 1400 ÷ 3000 nm
- IR-C (podczerwień daleka) - 3000 nm ÷ 1 mm.



Promieniowanie IR

- Głębokość wnikania promieniowania podczerwonego w skórę jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali.
- Przenikalność promieniowania z pasma IR-C (podczerwień daleka) wynosi kilka mikrometrów.
- Promieniowanie to jest w większości absorbowane w powierzchniowych warstwach skóry, co przy długotrwałej ekspozycji i dużym natężeniu napromienienia może doprowadzić do jej przegrzania lub oparzenia.



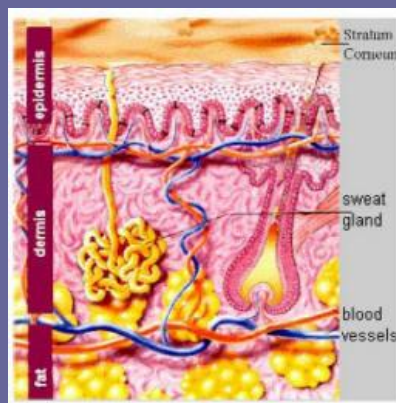
Promieniowanie IR

- Reakcją skóry na nadmierną dawkę podczerwieni może być wystąpienie tzw. rumienia ciepłego
- Charakteryzuje się on rozlanym zaczerwienieniem obszaru poddanego działaniu promieniowania.
- Rumień utrzymuje się zazwyczaj 1-2 godziny po zakończeniu ekspozycji.



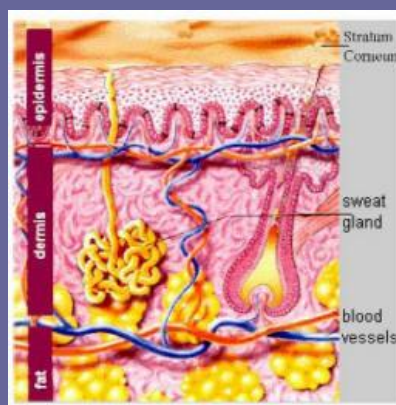
Promieniowanie IR

- Największą zdolnością wnikania (na głębokość 1+3 cm) charakteryzuje się promieniowanie z zakresu podczerwieni bliskiej IR-A,
- Dociera ono do głębiej położonych warstw tkanki skórnej oraz do tkanki podskórnej.
- Mimo że obszary skóry położone głębiej są dobrze ukrwione i przepływająca krew odprowadza nadmiar energii cieplnej, długotrwałe działanie tego typu może powodować zwiększone obciążenie cieplne organizmu.



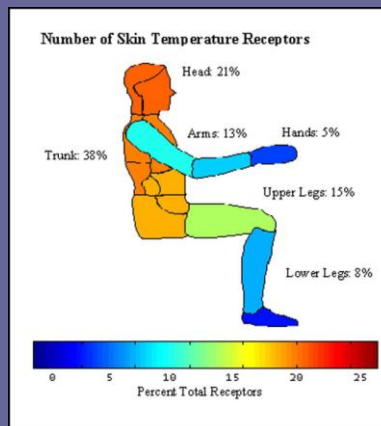
Promieniowanie IR

- Ze względu na mniejszą absorpcję w powierzchniowych warstwach skóry promieniowanie z pasma IR-A wywołuje rumień cieplny po dłuższym czasie ekspozycji niż podczerwień daleka (przy tym samym poziomie natężenia napromienienia).



Promieniowanie IR - skóra

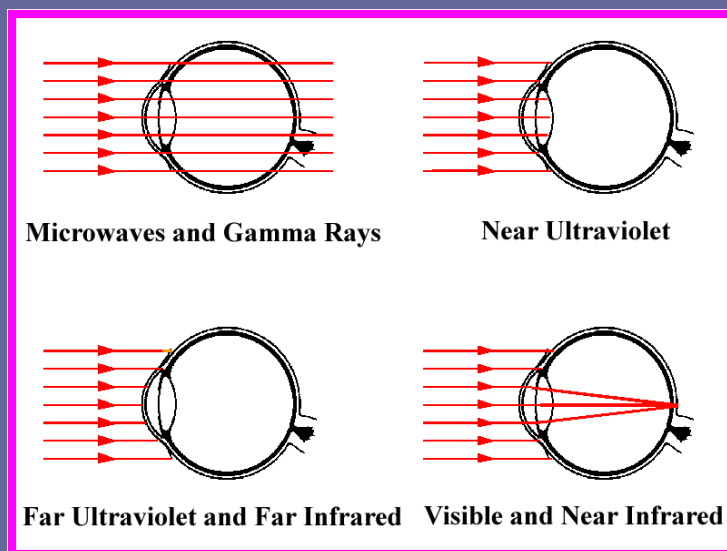
- Odczucie bólu pojawia się, gdy temperatura skóry osiągnie wartości z zakresu 41÷ 53 C, a objawy oparzenia I stopnia występują zazwyczaj po przekroczeniu około 50 C.
- Receptory ciepła skóry wcześniej sygnalizują niebezpieczeństwo przekroczenia dozwolonej temperatury, dlatego do poparzeń skóry spowodowanych IR dochodzi rzadko.



Promieniowanie IR - oko

- Oczy są narażone na szkodliwe działanie podczerwieni w większym stopniu niż skóra.
- Gałka oczna w zasadzie nie ma mechanizmów (receptorów ciepła) ostrzegających przed tym rodzajem promieniowania.
- Podczerwień jest najsilniej pochłaniana przez rogówkę: całkowicie w paśmie IR-C i częściowo w paśmie IR-B (powyżej 2500 nm).
- W rogówce znajdują się receptory wywołujące ból, gdy jej temperatura osiągnie około 47C.
- Oparzenie rogówki może wystąpić już w temperaturze o kilka stopni niższej. Ekspozycja oka na promieniowanie o dużym natężeniu może prowadzić do poparzenia rogówki.

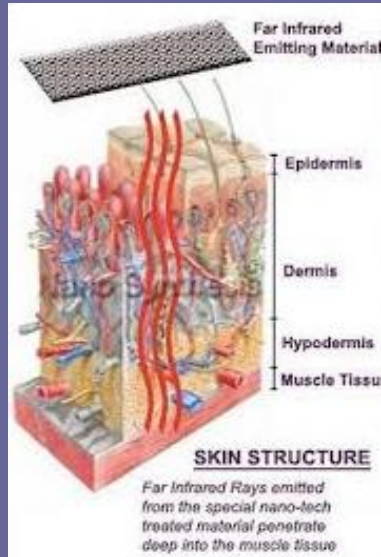
Przenikanie promieniowania przez oko



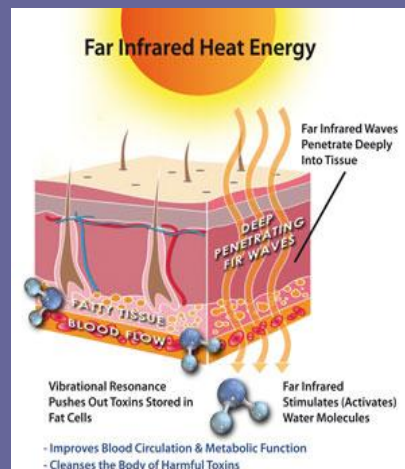
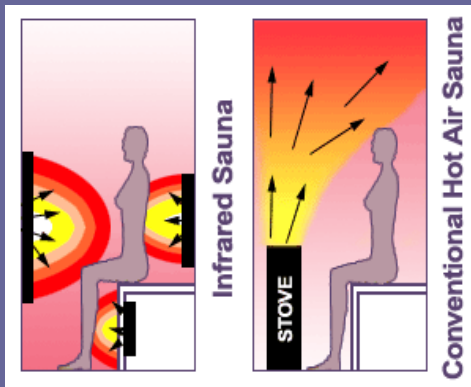
Promieniowanie IR - oko

- W wyniku przegrzania może dojść do zmian chemicznych związków białkowych soczewki, co objawia się powstawaniem zmętnienia soczewki (zaćmy).
- Zaćma jest nieodwracalną i często spotykaną chorobą oczu powstającą na skutek działania podczerwieni.
- Najczęściej występuje ona u pracowników zatrudnionych w przemyśle hutniczym, narażonych na intensywne działanie IR ("zaćma hutnicza").
- Długotrwała ekspozycja na promieniowanie podczerwone może również wywoływać stany zapalne tętnic i spojówek, wysuszenie powiek i rogówek oraz zapalenie brzegów powiek.

Promieniowanie IR - sauna



Promieniowanie IR - sauna



Promieniowanie laserowe

LASER

- **LASER** – urządzenie emitujące promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu lub podczerwieni, wykorzystujące zjawisko emisji wymuszonej.
- Nazwa jest akronimem od (ang.) *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*: wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania.

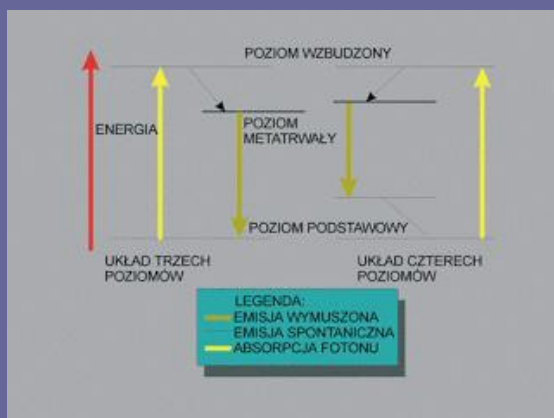


Właściwości promieniowania laserowego



- Mała rozbieżność wiązki (równoległość);
- Spójność (koherencja);
- Wysoka moc promieniowania i gęstość energii;
- Propagacja promieniowania laserowego w środowisku.

LASER - działanie



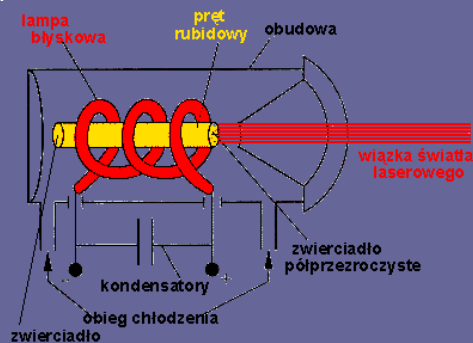
Emisja spontaniczna



Emisja wymuszona

LASER – budowa

- Zasadniczymi częściami lasera są: ośrodek czynny, rezonator optyczny, układ pompujący.
- Układ pompujący dostarcza energię do ośrodka czynnego
- W ośrodku czynnym w odpowiednich warunkach zachodzi akcja laserowa, czyli kwantowe wzmacnianie (powielanie) fotonów
- Układ optyczny umożliwia wybranie odpowiednich fotonów.



LASER - podział ze względu na moc

- Lasery dużej mocy (hard)
- Lasery o średniej mocy (mid)
- Lasery małej mocy biostymulatory laserowe (soft) – do 500mW (wzrost temperatury naświetlanych tkanek nie przekracza 1C)



LASER – podział ze względu na ośrodek czynny

- **Lasery gazowe:**
 - He-Ne laser helowo-neonowy (543 nm lub 633 nm)
 - Ar laser argonowy (458 nm, 488 nm lub 514,5 nm)
 - laser azotowy (337,1 nm)
 - laser kryptonowy (jonowy 647,1 nm, 676,4 nm)
 - laser na dwutlenku węgla (10,6 μm)
 - laser na tlenku węgla
 - laser tlenowo-jodowy
- **Lasery na ciele stałym**
 - laser rubinowy (694,3 nm)
 - laser neodymowy na szkle
 - laser neodymowy na YAG-u (Nd:YAG)
 - laser erbowy na YAG-u (Er:YAG) (1645 nm)
 - laser tulowy na YAG-u (Tm:YAG) (2015 nm)
 - laser holmowy na YAG-u (Ho:YAG) (2090 nm)
 - laser tytanowy na szafirze (Ti:Al₂O₃)
 - laser na centrach barwnych
- **Lasery na cieczy**
 - lasery barwnikowe
 - lasery chelatowe
 - lasery neodymowe
- **Lasery półprzewodnikowe**
 - złączone (diody laserowe)
 - laser na materiale objętościowym
 - laser na studniach kwantowych
 - laser na kropkach kwantowych
 - bezzłączone
 - kwantowy laser kaskadowy
- **Lasery na wolnych elektronach**
 - laser promieniowania X

Bezpieczeństwo pracy

- Ponieważ promieniowanie laserowe o tej samej mocy lecz o różnych długościach fal może wywołać różne skutki podczas oddziaływania z tkanką biologiczną, lasery podzielono na klasy.
- Zasady bezpiecznej pracy z urządzeniami laserowymi podano w Polskiej Normie PN-EN 60825-1:2005

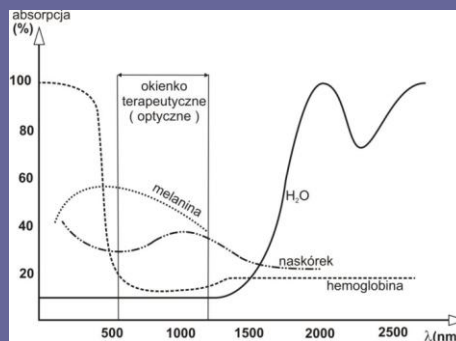


Klasyfikacja urządzeń laserowych

- **1** - Lasery które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy
- **1M** - Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal od 302,5 nm do 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.
- **2** - Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 400 do 700 nm. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne
- **2M** - Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 400 do 700 nm. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne
- **3R** - Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal od 302,5 nm do 106 nm, dla których bezpośrednie patrzenie w wiązkę jest potencjalnie niebezpieczne.
- **3B** - Lasery, które są niebezpieczne podczas bezpośredniej ekspozycji promieniowania. Patrzenie na odbicia rozproszone jest zwykle bezpieczne.
- **4** - Lasery, które wytwarzają niebezpieczne odbicia rozproszone. Mogą one powodować uszkodzenie skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Podczas obsługi laserów klasy 4 należy zachować szczególną ostrożność.

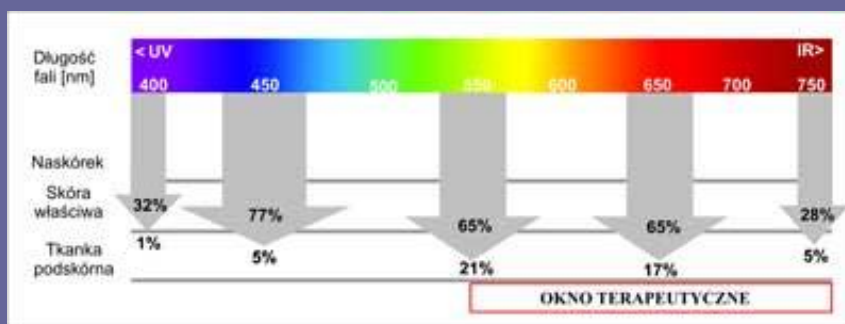
Okno optyczne skóry

- Jest to obszar promieniowania laserowego w którym jego transmisja w komórkach jest największa (550-1200 nm).
- Fale promieniowania o tym zakresie długości są najbardziej przenikliwe dla skóry.
- W zakresie tym absorpcja tkanek jest najmniejsza.
- Szczególnie głęboką penetrację, a tym samym niską absorpcję przez tkanki ma promieniowanie o długości fali 820-840 nm.

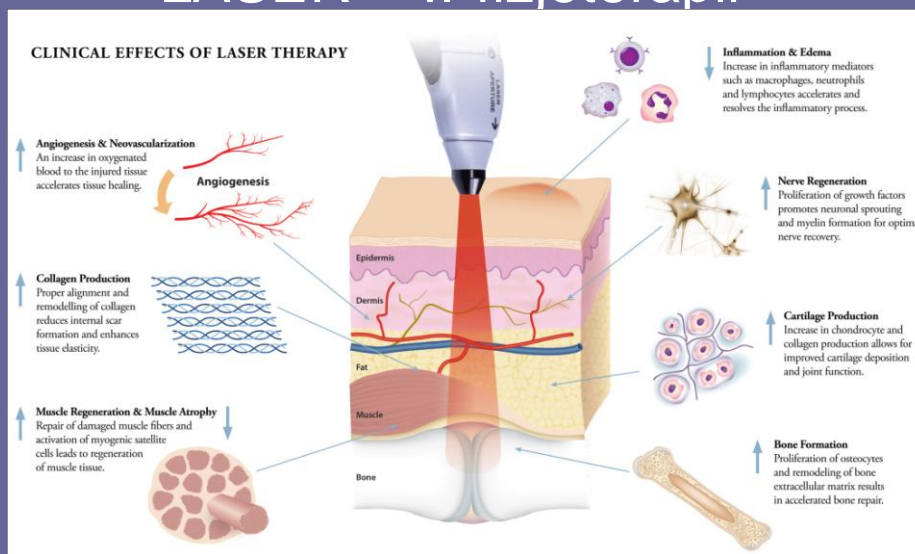


Lasery w medycynie

- Istnieją obszary widma światła laserowego silnie pochłaniane przez określone chromatofory
- Woda i tkanki bogate w wodę najlepiej pochłaniają promieniowanie o długości fali poniżej 500nm oraz powyżej 1200nm
- Hemoglobina 500-590 nm
- Melanina 350-1200 nm



LASER – w fizjoterapii



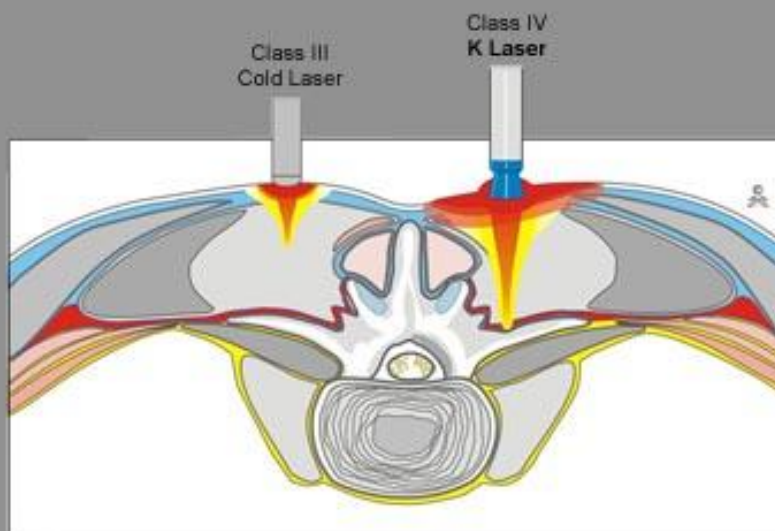
Biostymulacja laserowa - donosowa



Lasery dużej mocy – w fizjoterapii



Lasery dużej mocy – w fizjoterapii



LASER – w okulistyce

- Lasery w okulistyce wykorzystywane są m.in. do przyklejenia siatkówki do dna oka. Obie tkanki są punktowo łączone za pomocą koagulacji.
- Koagulator laserowy stosuje się także do leczenia zmian naczyniowych i krwotoków do wnętrza gałki ocznej.
- Laser stosuje się także do przecinania cyst powiek i spojówek, naczyń wrastających w spojówkę, zrostów tęczówkowo – rogówkowych.
- Stosuje się go przy korekcji wad refrakcji (krótkowzroczność, dalekowzroczność, astygmatyzm). Jedną z metod korekcji wad refrakcji jest LASIK (Laser Assised In Situ Keratomileusis). Lasery działające z dokładnością do 0,25 μm odparowują nierówności w głębszych warstwach rogówki. Dzięki tej metodzie można skorygować wadę wzroku w zakresie + 6 do - 13 dioptrii.

Laser w okulistyce



LASER – w dermatologii

- W dermatologii laserów używa się do usuwania niektórych nowotworów i naczynek powstałych np. po odmrożeniach.
- W leczeniu nowotworów wykorzystuje się lasery o dużej gęstości mocy i małych rozmiarach wiązki laserowej.
- Skalpel laserowy pomocny jest przy leczeniu oparzeń. Przy jego pomocy można zdejmować naskórek lub warstwę spalonej skóry i odsłonić zdrową aby mogła powstać ziarnina.

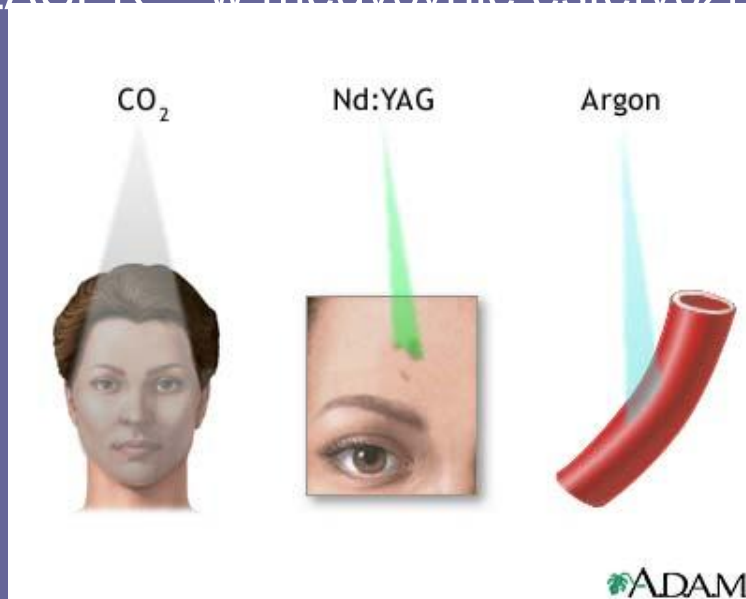
Skalpel laserowy



LASER - w medycynie estetycznej

- Laser pomocny jest też przy usuwaniu tatuaży i owłosienia
- Używa się go do rozjaśniania skóry, przywracaniu jej gładkości i sprężystości.
- Erbium-YAG-Laser jest stosowany do usuwania blizn, niewielkich brodawek oraz znamion
- Laser CO2 jest stosowany do niwelowania powierzchniowych zmarszczek na skórze oraz blizn po trądziku
- Laser KTP jest stosowany do usuwania naczyń krwionośnych
- Dzięki laserowi można również usunąć plamy starcze, przebarwienia oraz tatuaże

LASER – w medycynie estetycznej



Usuwanie blizn po trądziku – CO₂



Usuwanie zmarszczek



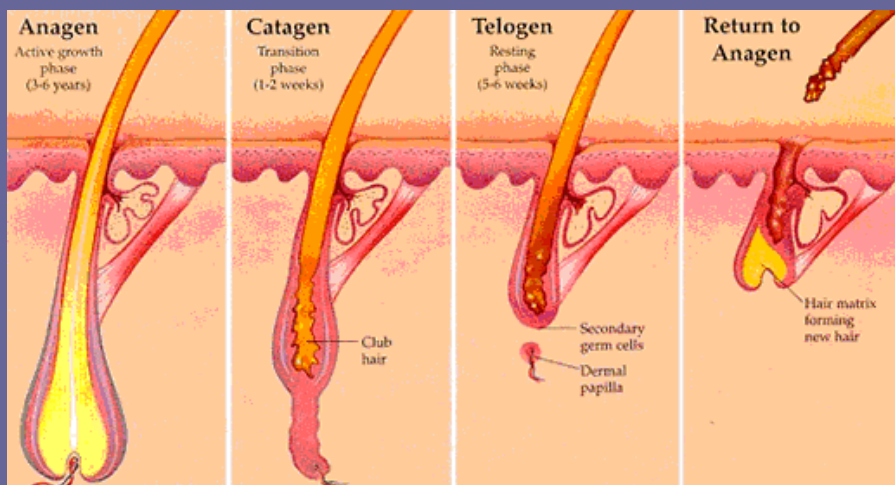
Fotoodmładzanie skóry



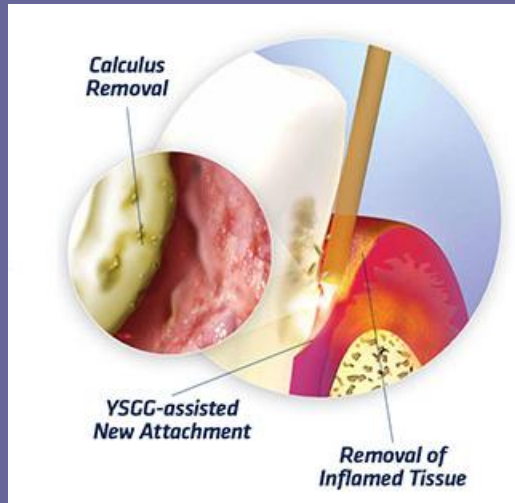
Usuwanie owłosienia



Usuwanie owłosienia



LASER w stomatologii



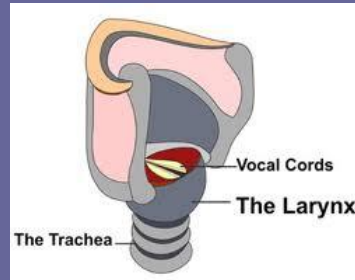
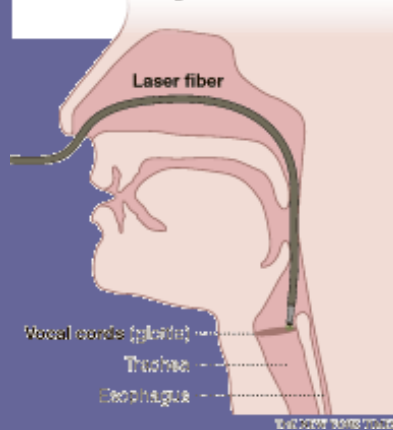
LASER w stomatologii



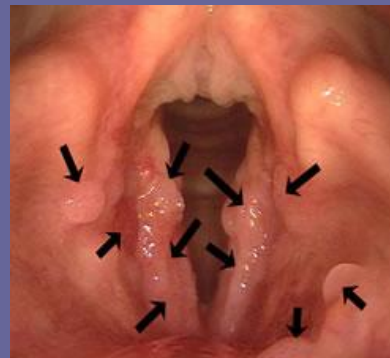
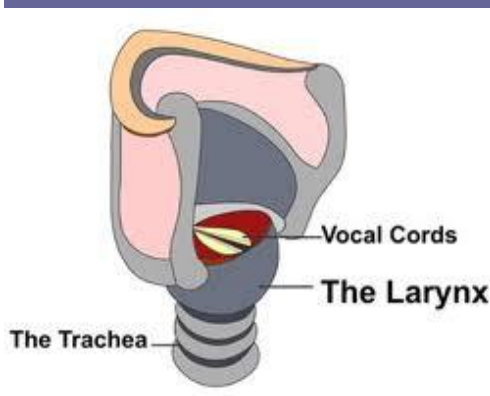
LASER w laryngologii

Treating Tumors With Light

A new outpatient procedure could eliminate the need for radiation in treating early cancer of the larynx, or voice box. Pulses of green laser light selectively destroy blood vessels feeding the tumor without burning the vocal cords.



LASER w laryngologii



Dziękuję