



POLITECHNIKA
LUBELSKA

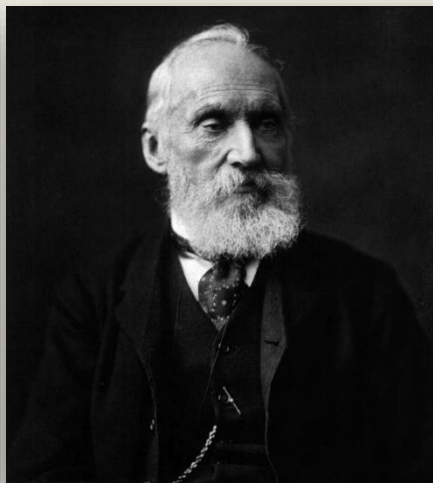
CIEPŁO W DOMU OKIEM KAMERY TERMOWIZYJNEJ

SKALE TEMPERATUR

- Skala Celsjusza
- Skala Kelvina
- Skala Fahrenheita
- Skala Rankine'a

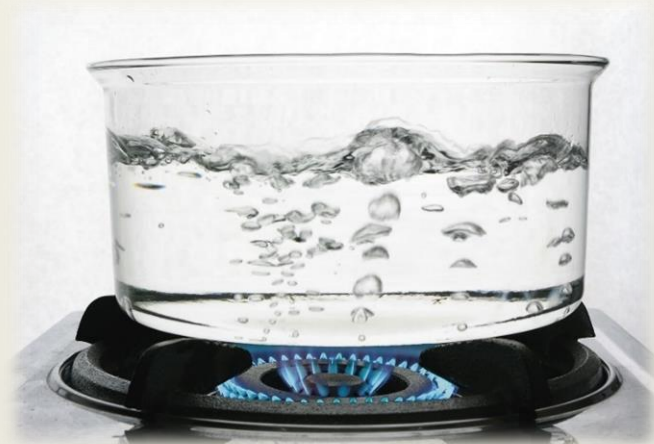


Anders Celsius
(1701-1744)



William Thomson
– lord Kelvin
(1824-1907)

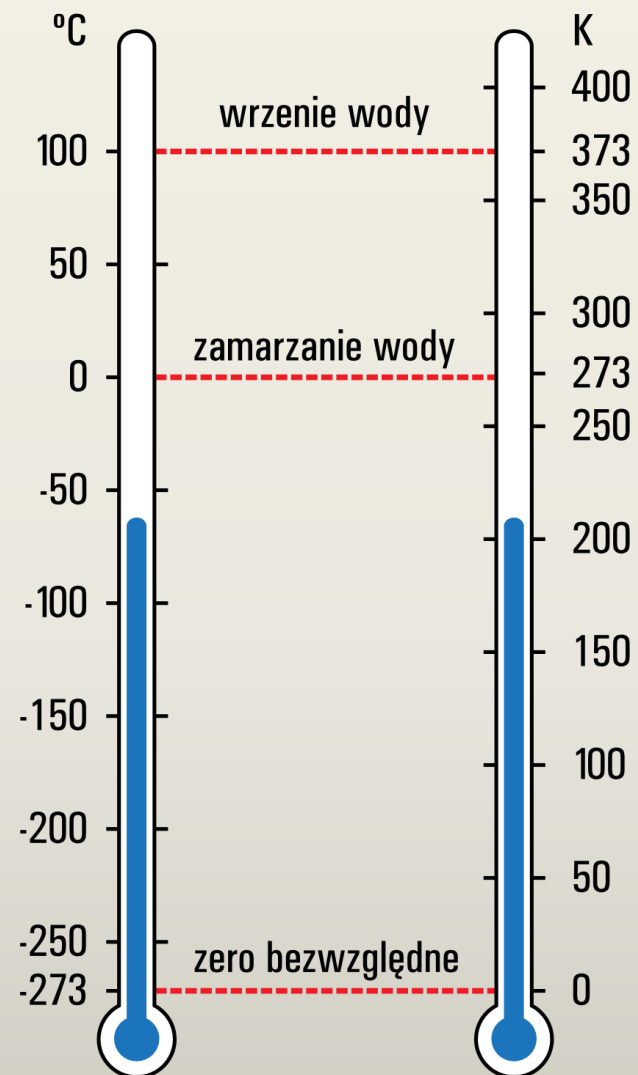
źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Anders_Celsius
https://pl.wikipedia.org/wiki/William_Thomson



źródło: <https://www.aquasana.com/info/boiled-water-vs-filtered-water-pd.html>

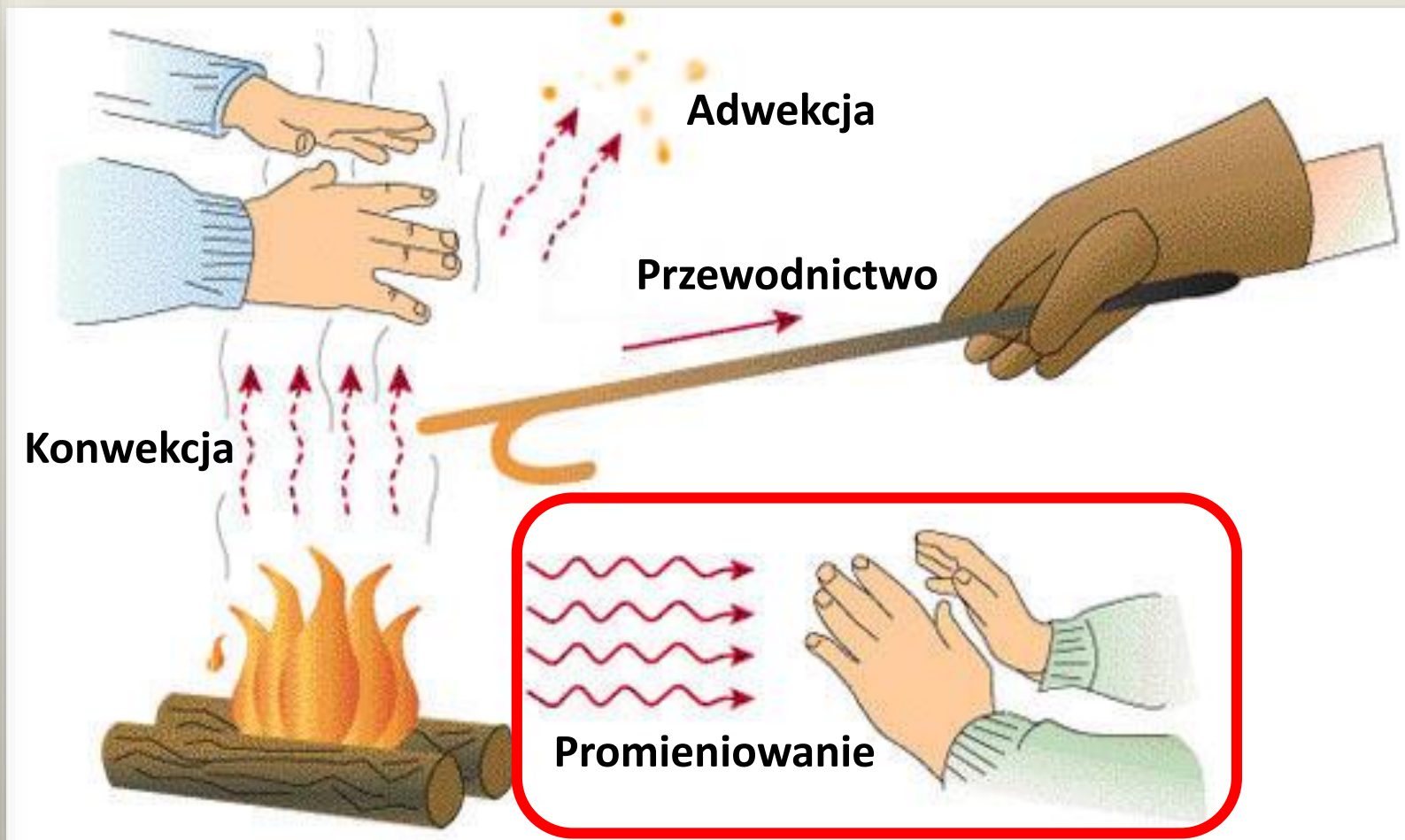


źródło: <https://timesofindia.indiatimes.com/life-style/food-news/want-to-freeze-water-quickly-use-hot-water/photostory/72333992.cms>



źródło: <https://pneumatyka.info.pl/index.php/Temperatura>

SPOSOBY WYMIANY CIEPŁA



źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_transfer

źródło: <https://www.expatica.com/lu/lifestyle/holidays/festivals-in-luxembourg-103745/>

PROMIENIOWANIE CIEPLNE

Promieniowanie cieplne (termiczne) – promieniowanie elektromagnetyczne, które jest emitowane przez **cząstki naładowane elektrycznie** w wyniku ruchu termicznego w materii. Jest emitowane przez każdą materię o temperaturze wyższej od **zera bezwzględnego** ($0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$).



źródło: <https://www.space.com/17001-how-big-is-the-sun-size-of-the-sun.html>



źródło: <https://www.thoughtco.com/what-is-the-definition-of-quenching-in-metalworking-2340021>

PROMIENIOWANIE CIEPLNE

Ciało doskonale czarne – idealne ciało fizyczne, które **całkowicie pochłania** padające na nie promieniowanie elektromagnetyczne, niezależnie od temperatury tego ciała, kąta padania i widma padającego promieniowania.

Prawo Plancka – określa **emisję promieniowania** elektromagnetycznego przez ciało doskonale czarne będące w równowadze termodynamicznej w danej temperaturze.

Prawo Stefana-Boltzmana – określa **całkowitą moc** wypromieniowywaną przez ciało doskonale czarne w danej temperaturze.

Prawo Wiena – określa **widmo promieniowania** ciała doskonale czarnego dla danej temperatury.

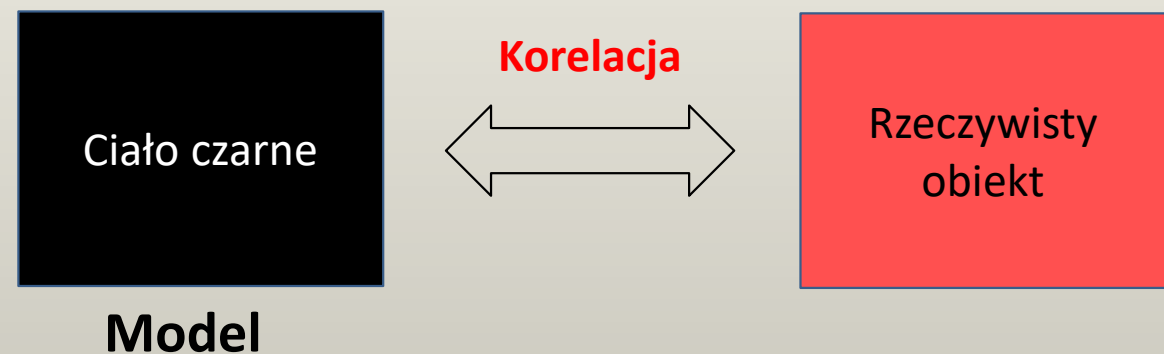
ZDOLNOŚĆ EMISYJNA

Zdolność emisyjna ciała – wielkość fizyczna określająca możliwość emisji elektromagnetycznego promieniowania termicznego przez to ciało. Jest funkcją temperatury ciała T i częstotliwości emitowanego promieniowania f .

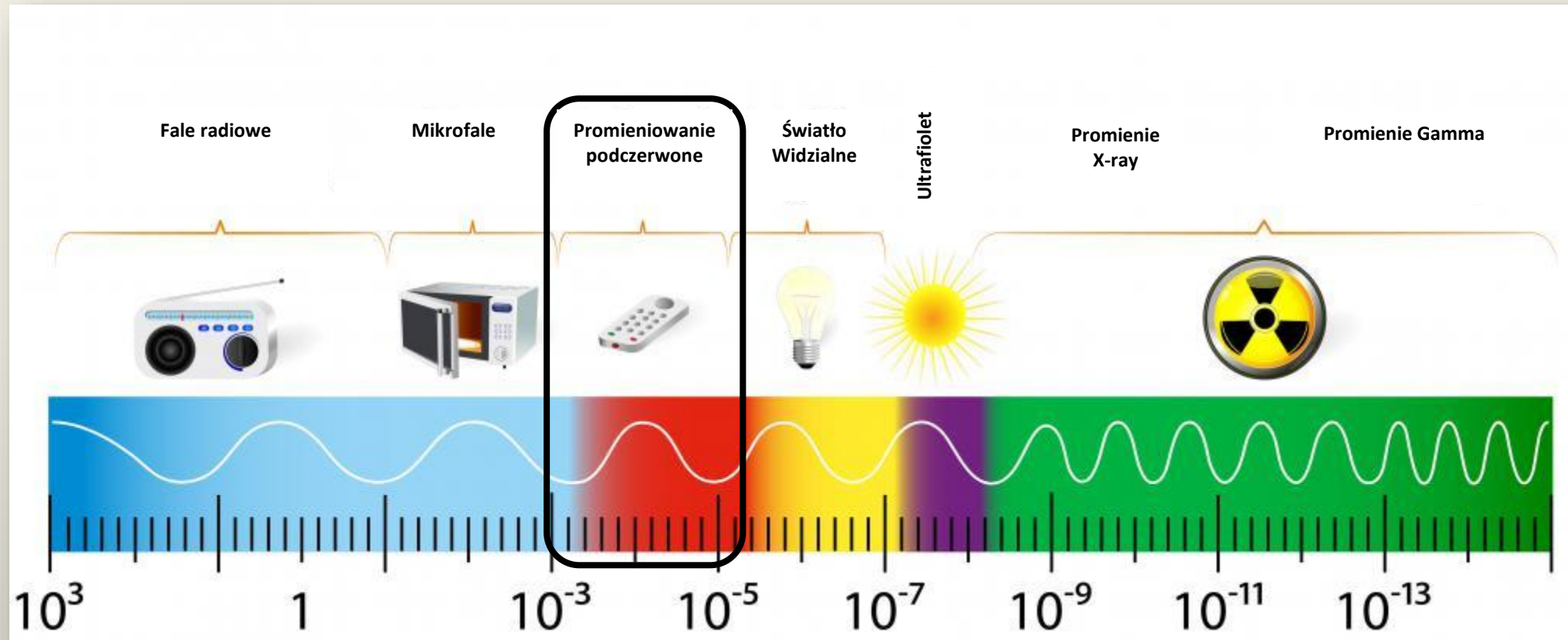
Ilościowo emisyjność to stosunek promieniowania cieplnego z danej powierzchni do promieniowania z idealnej czarnej powierzchni w tej samej temperaturze. Najwyższą zdolność emisyjną w dowolnej temperaturze ma ciało doskonale czarne (wartość równa 1).

Czynnik fizyczne wpływające na zdolność emisyjną:

- Skład materiału
- Warstwa tlenku na powierzchni
- Chropowatość powierzchni
- Kąt do normalnej powierzchni
- Temperatura
- Stopień polaryzacji



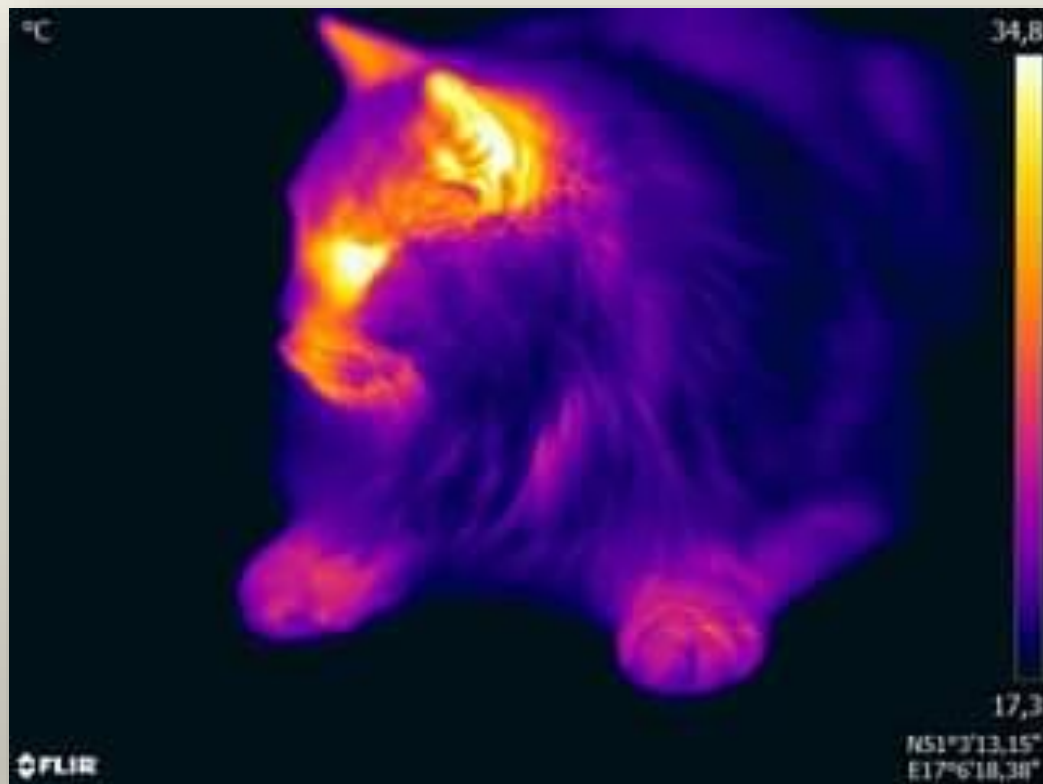
RODZAJE PROMIENIOWANIA



źródło: <https://www.easytechjunkie.com/how-does-infrared-work.htm>

PROMIENIOWANIE PODCZERWONE

Promieniowanie podczerwone (ang. infrared) – promieniowanie elektromagnetyczne długości fal między światłem widzialnym a falami radiowymi. Charakteryzuje się zakresem długości od 780 nm do 1 mm, co odpowiada energii fotonów w przedziale od 0,001 eV do 1,6 eV i częstotliwości drgań od 300 GHz do 400 THz.



źródło: <https://www.facebook.com/people/Drone-Flir-Infrared/100063315664188>



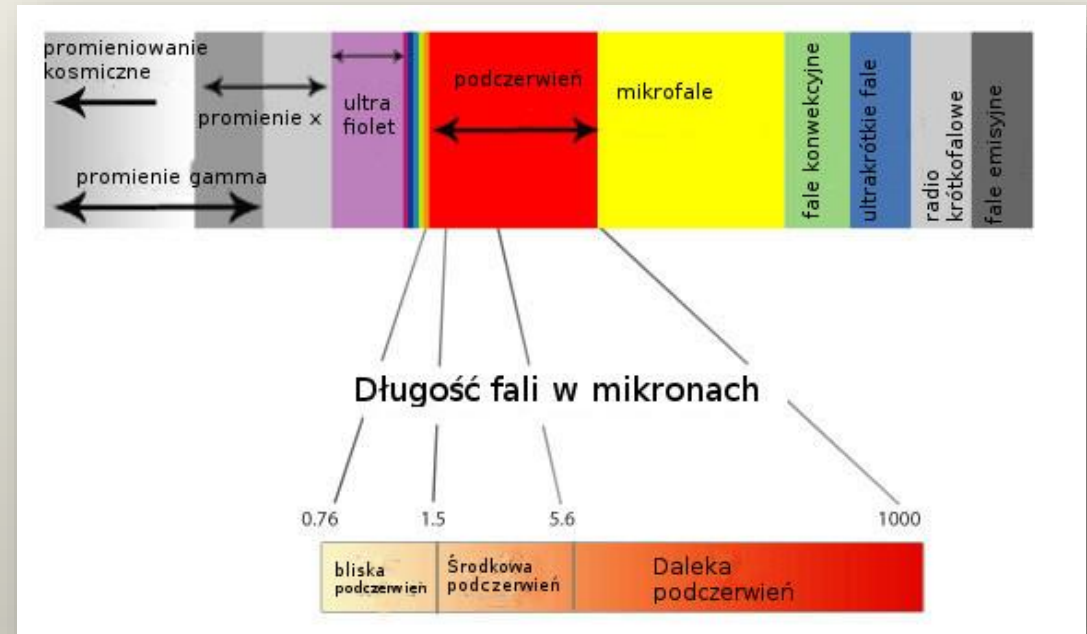
źródło: <https://www.flir.eu/discover/rd-science/what-to-consider-before-purchasing-an-ir-camera-for-range-applications>

RODZAJE PODCZERWIENI

Promieniowanie podczerwone jest **niewidoczne** dla ludzkiego oka. Najczęstszym źródłem tej formy energii jest **ciepło**. Ilość emitowanej energii przez dany obiekt jest proporcjonalna do jego temperatury. Niższe długości fal odpowiadające tzw. **bliskiej podczerwieni** - najbliższe światłu widzialnemu w kolorze czerwonym - nie oznaczają wysokiej temperatury i są często używane do przesyłania informacji w elektronice. Na przykład pilot do zdalnego sterowania może używać określonej długości fali bliskiej podczerwieni do komunikacji z odbiornikiem.



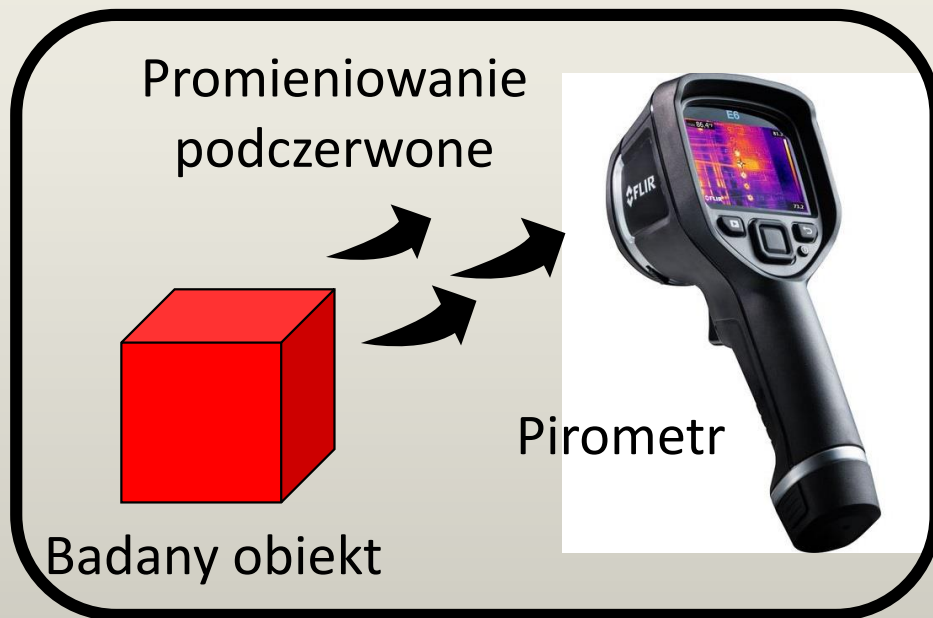
źródło: <https://www.mediaexpert.pl/poradniki/telewizory-i-rtv/jaki-pilot-kupic>



źródło: <https://www.szaniec.pl/technologie-podczerwieni>

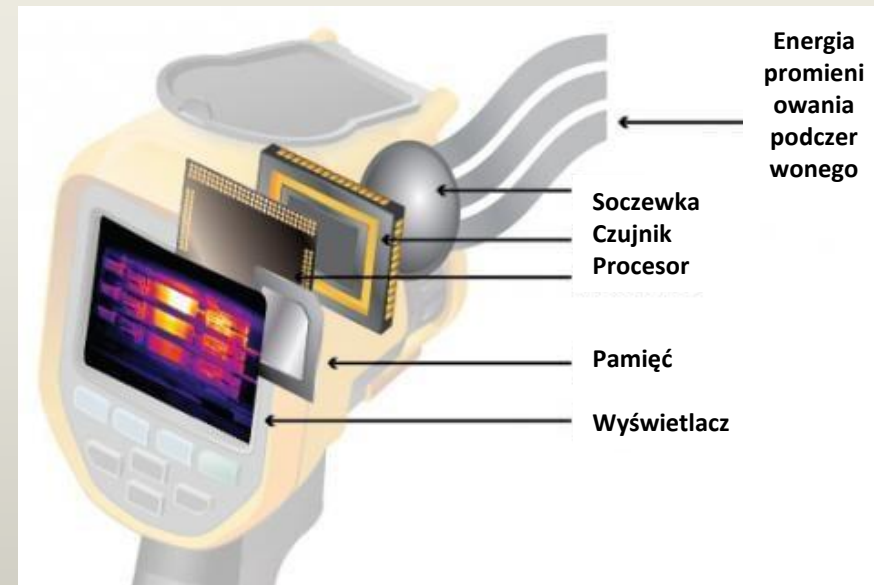
OBRAZOWANIE TERMICZNE (TERMOGRAFIA)

1. Promieniowanie elektromagnetyczne w pasmie podczerwieni jest skupiane przez soczewkę i trafia na detektor (matrycę czujników).
2. Następnie jako sygnał elektroniczny dla całej matrycy pikseli jest przetwarzane przez procesor, który w wyniku obliczeń matematycznych generuje mapę temperatury pozornej badanego obiektu.
3. Obliczone wartości temperatury są przekazywane do pamięci, a następnie do wyświetlacza przedstawiającego obraz w formie termogramu (kolorowy dwuwymiarowy rozkład temperatury).



Pomiar bezkontaktowy

źródło: <https://www.merazet.pl/produkt/kamera-termowizyjna-flir-e6xt/>

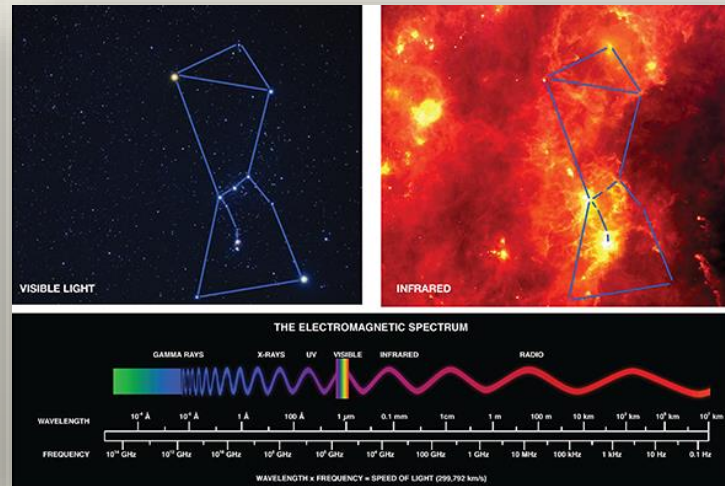
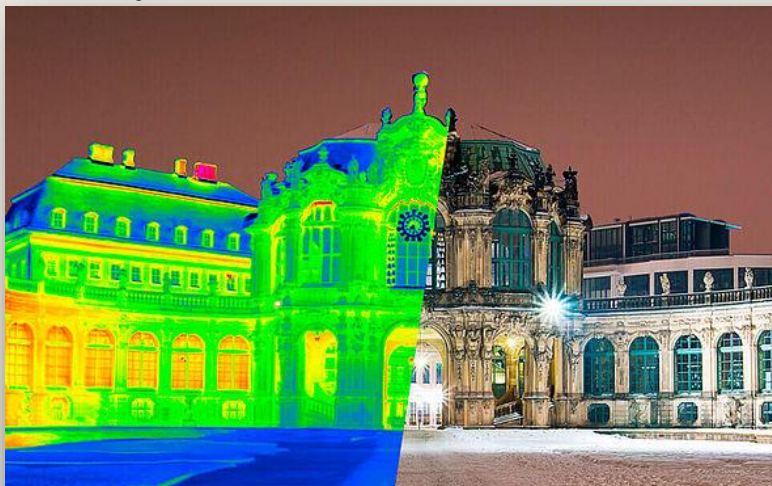


źródło: <https://www.fluke.com/pl-pl/nauka/blog/termografia/jak-dzialaja-kamery-termowizyjne>

Ciała o temperaturze np. powyżej 500 °C emitują również promieniowanie w zakresie widzialnym.

ZASTOSOWANIA TERMOGRAFII

- Medycyna (wykrywanie stanów zapalnych i nowotworów)
- Nauka (badania emisji promieniowania w astronomii)
- Przemysł (**bezkontaktowa** kontrola temperatury urządzeń i procesów przemysłowych)
- Architektura i budownictwo
- Rozrywka



źródło: <https://www.infratec.eu/thermography/industries-applications/medicine/> <https://www.infratec-infrared.com/thermography/trainings/user-conferences/>
<https://www.popsci.com/story/diy/consolidate-remote-controls/> <https://www.sofia.usra.edu/multimedia/about-sofia/sofia-mobile-information/infrared-astronomy-more-our-eyes-can-see>
<https://theramreview.com/thermal-imaging-tips-measuring-compensating-for-reflected-temperature/>

KAMERA TERMOWIZYJNA

Promieniowanie → Ciepło →
Zmiana temperatury elementu
pomiarowego → Zmiana oporu
elektrycznego

Energia

Termometr
rezystancyjny

absorber

Ciało
Pojemność cieplna
Temperatura

Przewodność
cieplna

Zapas ciepła



Kamera termowizyjna
Flir ThermCam S65

Schemat bolometru

źródło: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bolometer/>

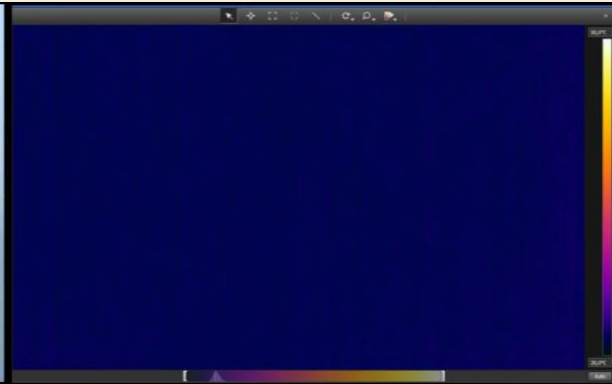
Pole widzenia/minimalna ogniskowa	24° x 18° / 0,3 m (z obiektywem 35 mm)
Rozdzielczość przestrzenna (IFOV)	1,3 mrad
Elektroniczne powiększenie	2x, 4x, 8x (interpolowane)
Częstotliwość obrazu	50/60 Hz bez przepłotu
Zakres spektralny	7,5÷13 μm
Czułość termiczna	0,08°C przy 30°C
Rodzaj detektora	Matryca niechłodzonych detektorów mikro bolometrycznych (FPA) 320 x 240 pikseli
Rozdzielczość obrazu	640 x 480 pikseli, pełny kolor
Zakres temperaturowy	-40°C do 120°C (zakres 1)
Dokładność odczytu	0°C do 250°C (zakres 2)
Korekcja emisyjności	+100°C do +500°C (zakres 3)
Korekcja transmisji atmosfery	+250°C do 1500°C (zakres 4)
Korekcja transmisji układu optycznego	±2°C lub ±2%
Ustawienie ostrości	Określana liczbowo (0,1÷1.0) lub na podstawie listy materiałów
Masa	Określana automatycznie na podstawie temperatury atmosferycznej, odległości oraz wilgotności względnej

CIEPŁO W DOMU - PRZYKŁADY

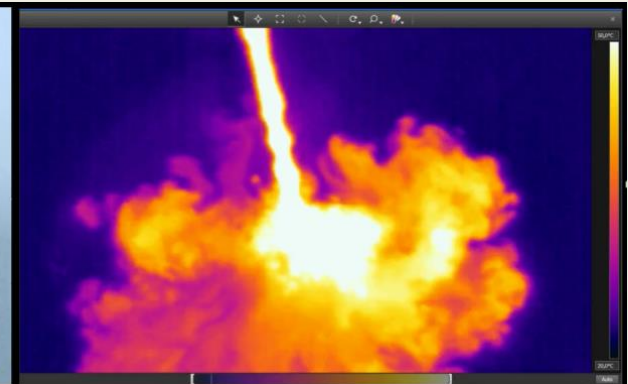
1. Nalewanie ciepłej wody do zimnej
2. Wkładanie kostek lodu do ciepłej wody
3. Nalewanie zimnego oleju do ciepłej wody
4. Odcisk ciepłej ręki na stole
5. Odcisk lodu na stole
6. Nagrzewanie żelazka
7. Palnik gazowy
8. Zapalniczka
9. Zapałki
10. Nagrzewanie czajnika
11. Nagrzewanie suszarki do włosów
12. Termowizja przez szybę
13. Termowizja przez reklamówkę
14. Lód na szybie
15. Suszenie włosów suszarką

NALEWANIE CIEPŁEJ WODY DO ZIMNEJ

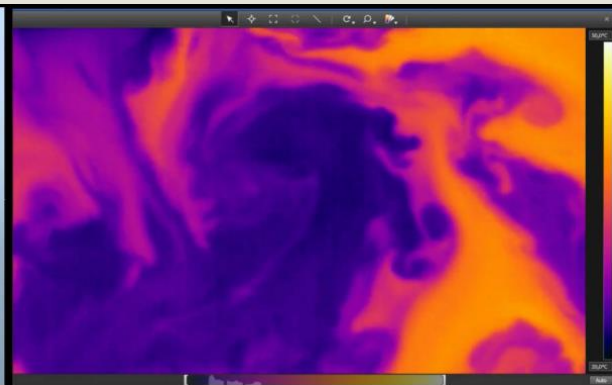
1



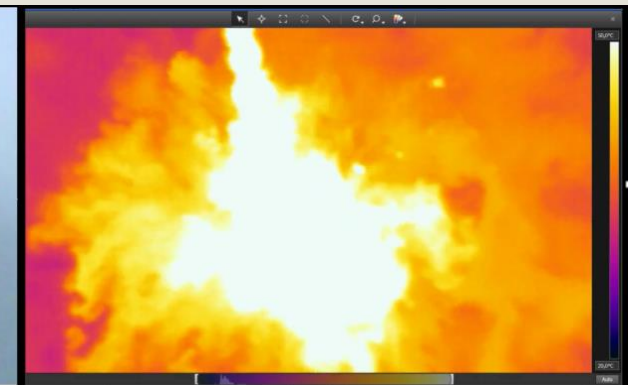
2



3



4



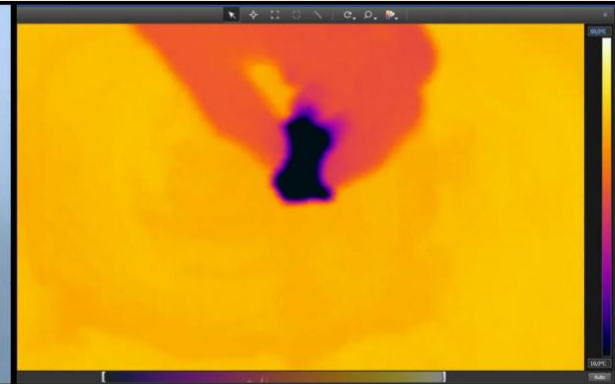
Uwaga! W oryginalnej prezentacji jest przedstawiony film

WKŁADANIE KOSTEK LODU DO CIEPŁEJ WODY

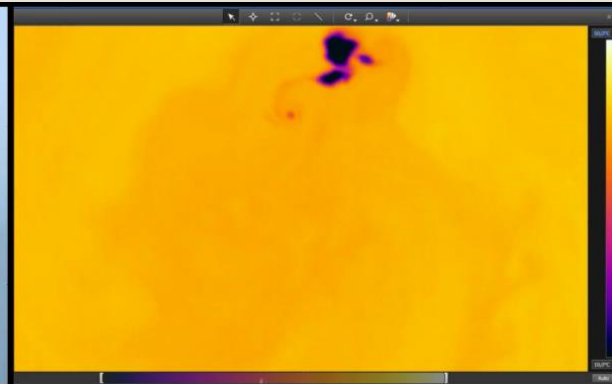
1



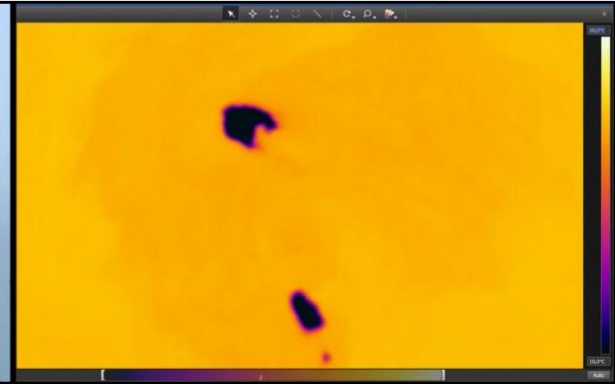
2



3



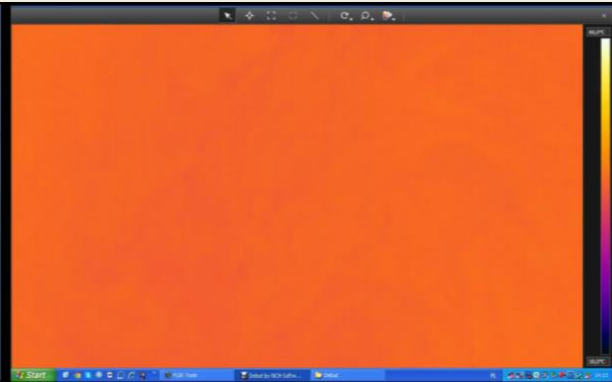
4



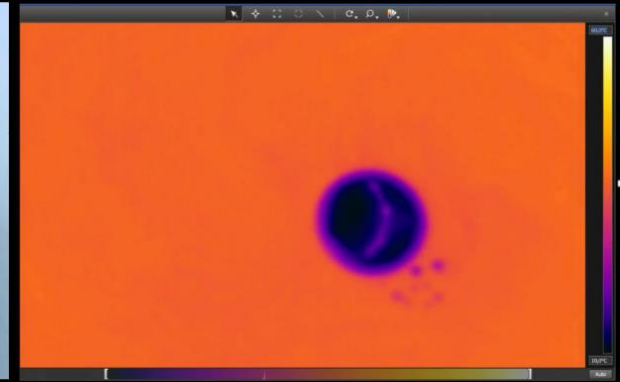
Uwaga! W oryginalnej prezentacji jest przedstawiony film

NALEWANIE ZIMNEGO OLEJU DO CIEPŁEJ WODY

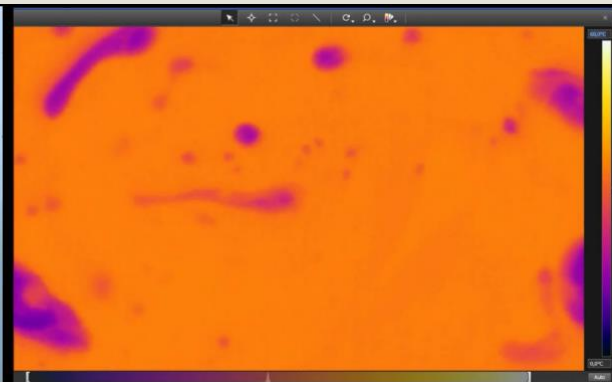
1



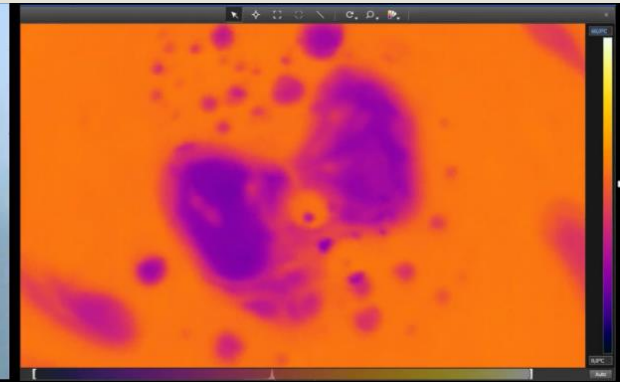
2



3



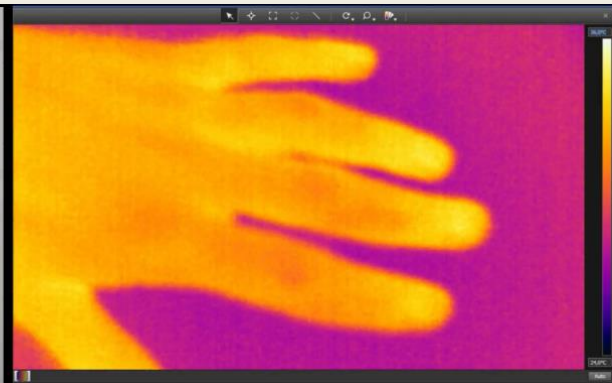
4



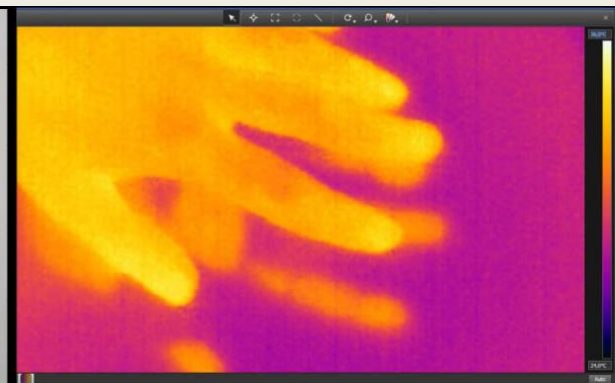
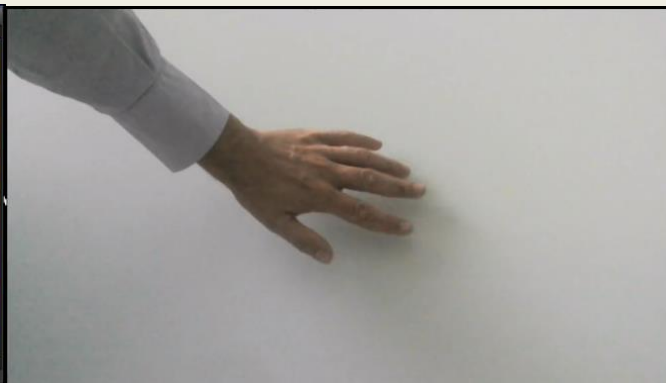
Uwaga! W oryginalnej prezentacji jest przedstawiony film

ODCISK CIEPŁEJ RĘKI NA STOLE

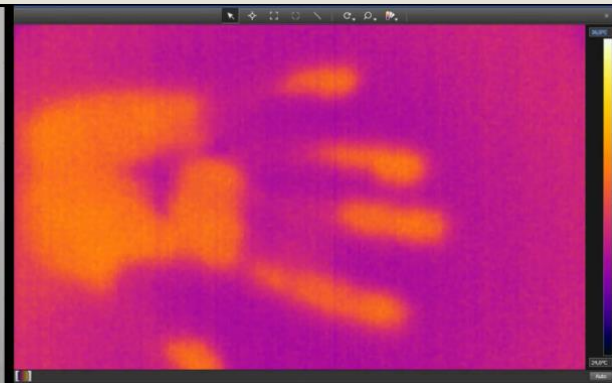
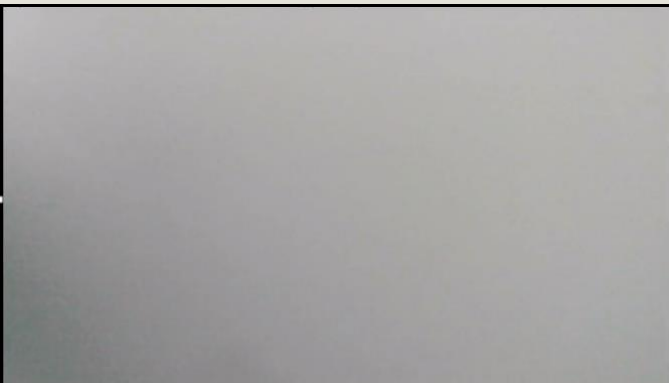
1



2



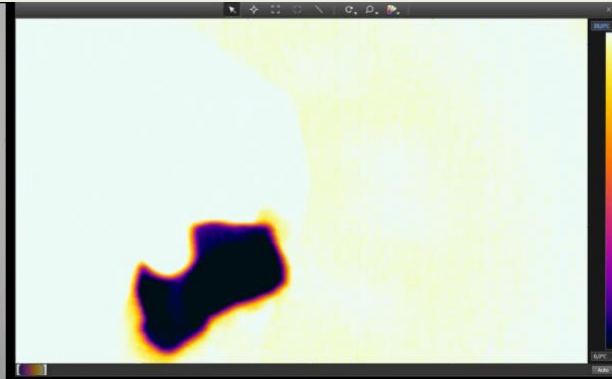
3



Uwaga! W oryginalnej prezentacji jest przedstawiony film

ODCISK LODU NA STOLE

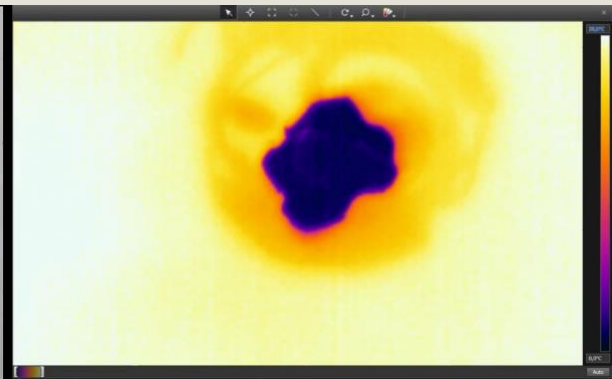
1



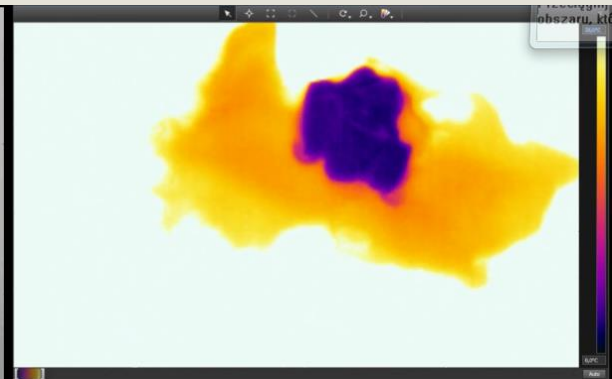
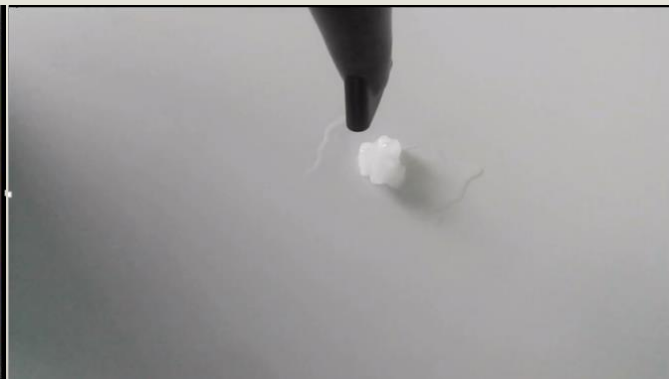
2



3

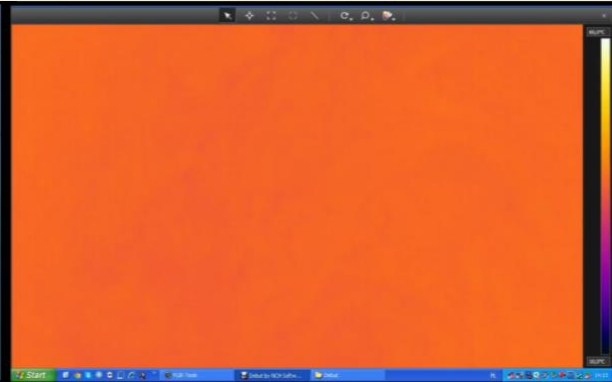


4

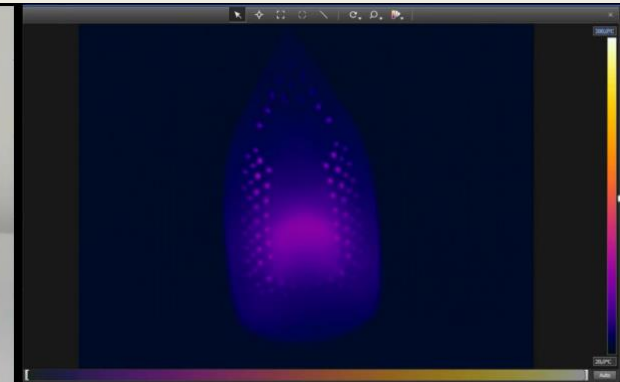


NAGRZEWANIE ŻELAZKA

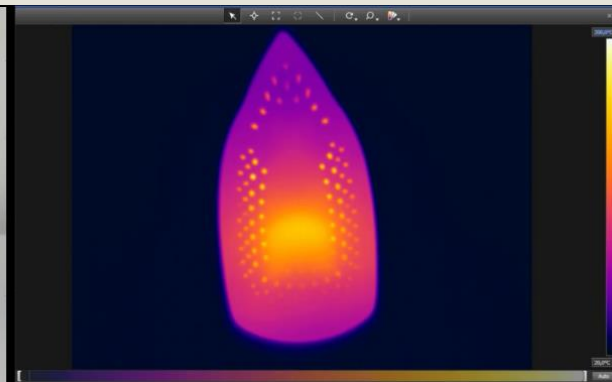
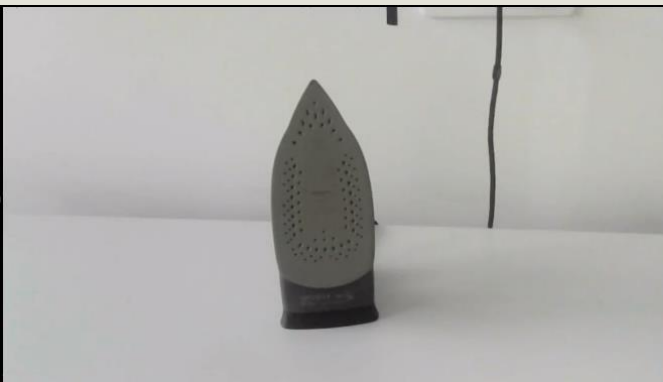
1



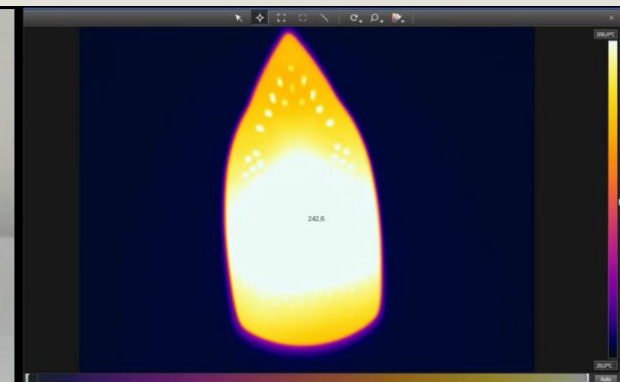
2



3

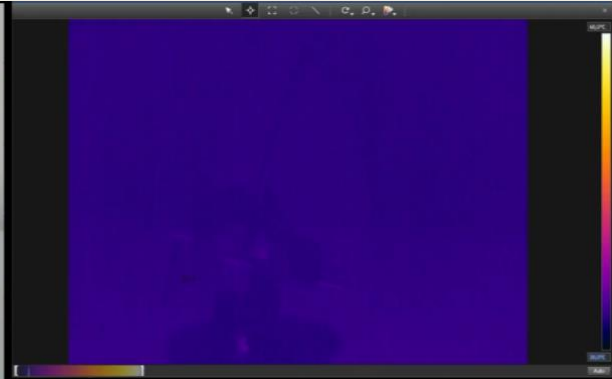


4

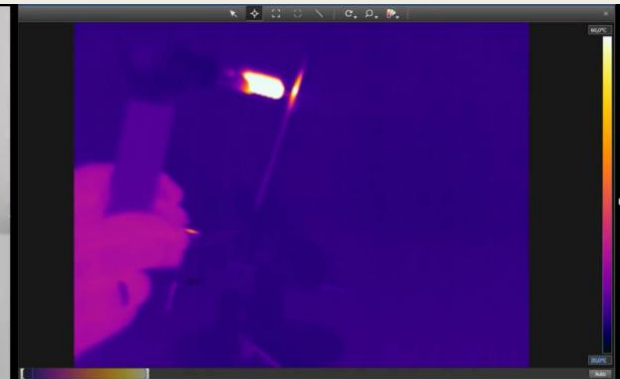


PALNIK GAZOWY

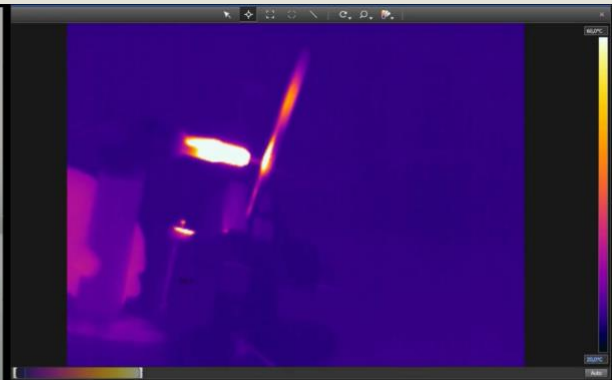
1



2



3



4



ZAPALNICZKA

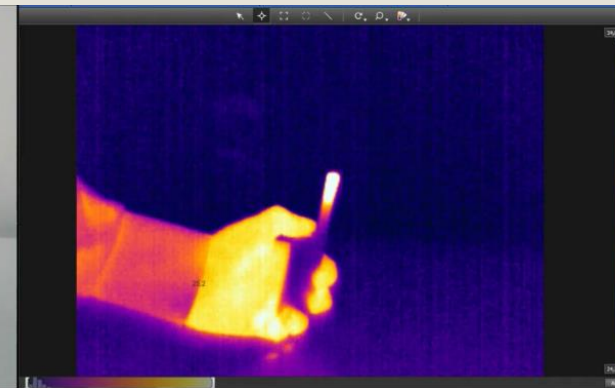
1



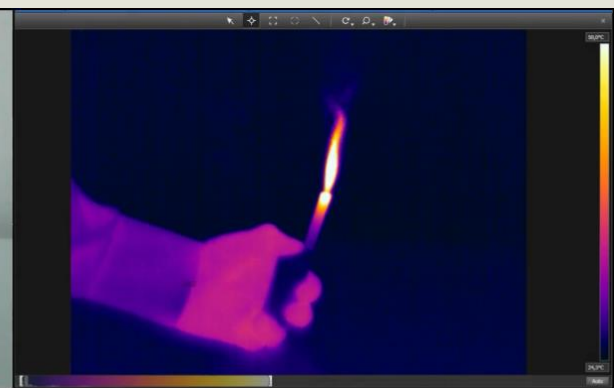
2



3



4

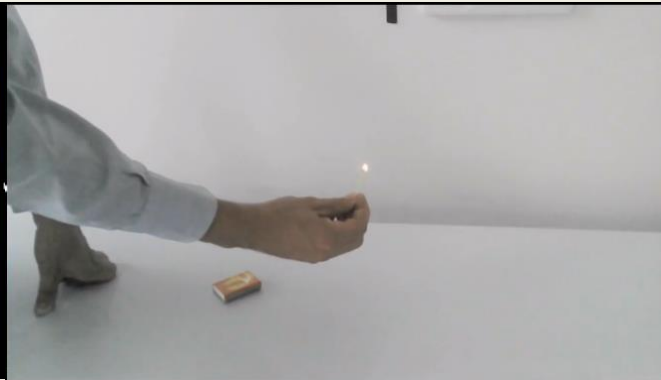


ZAPAŁKI

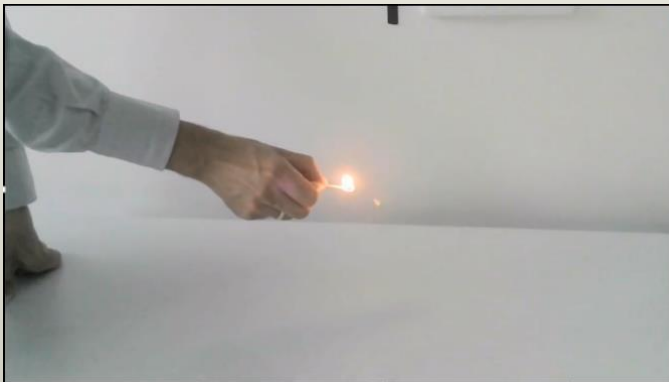
1



2

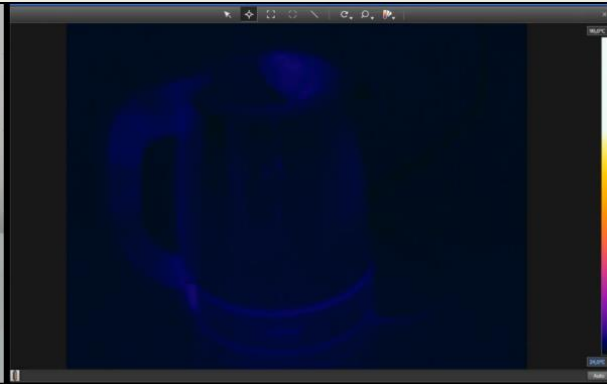


3

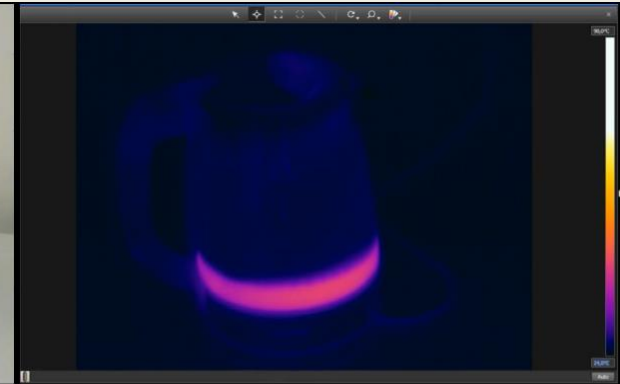


NAGRZEWANIE CZAJNIKA

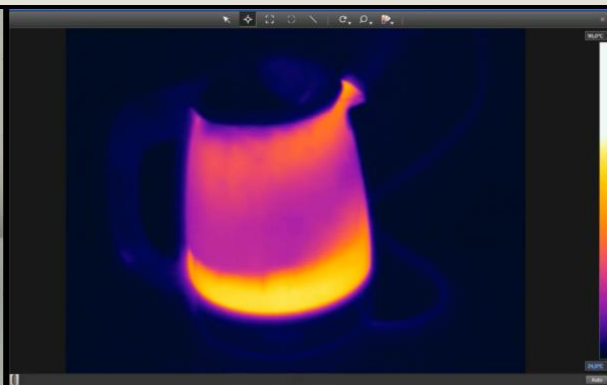
1



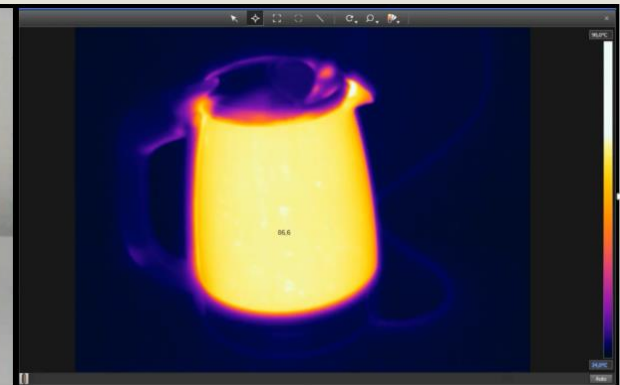
2



3

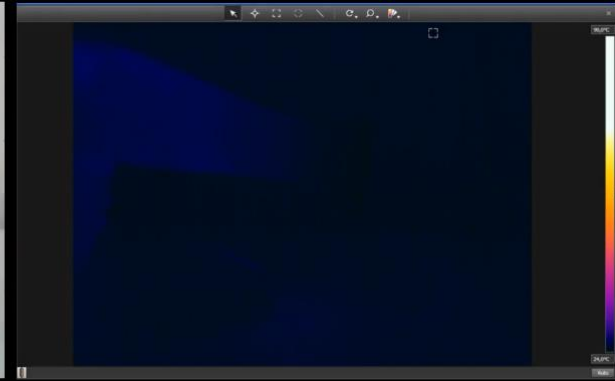


4

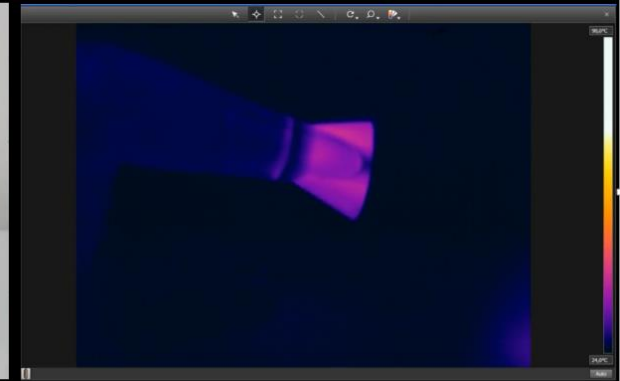


NAGRZEWANIE SUSZARKI DO WŁOSÓW

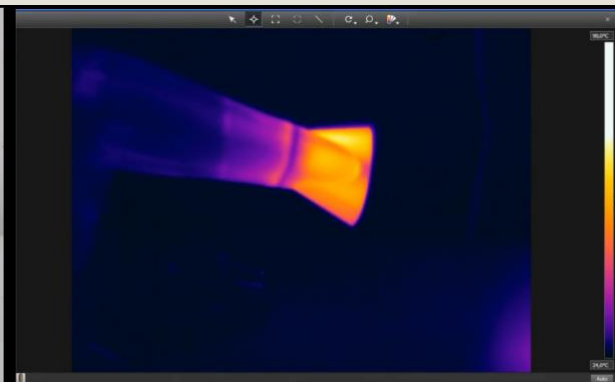
1



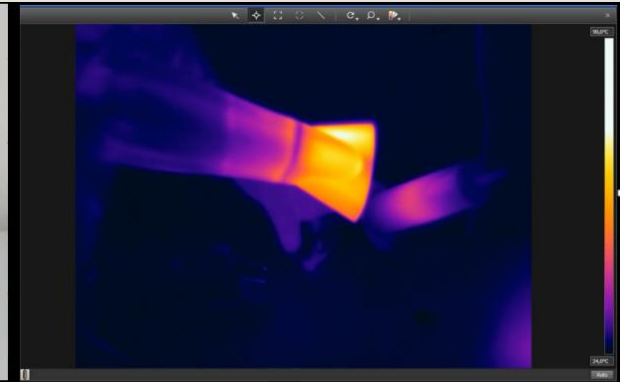
2



3

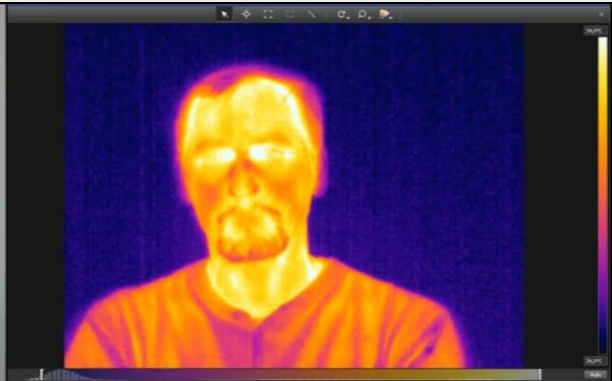


4



TERMOWIZJA PRZEZ SZYBĘ

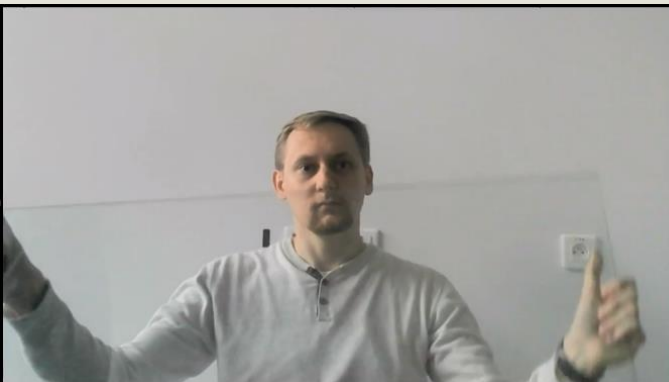
1



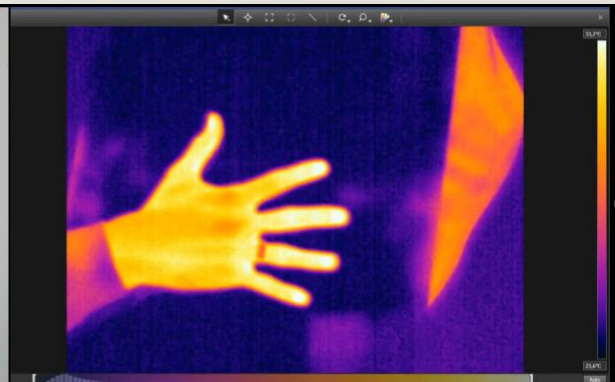
2



3

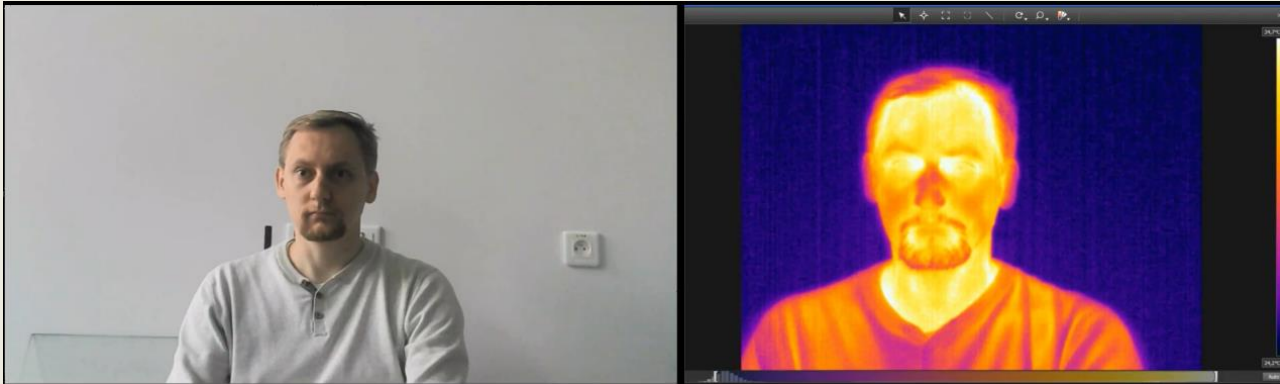


4

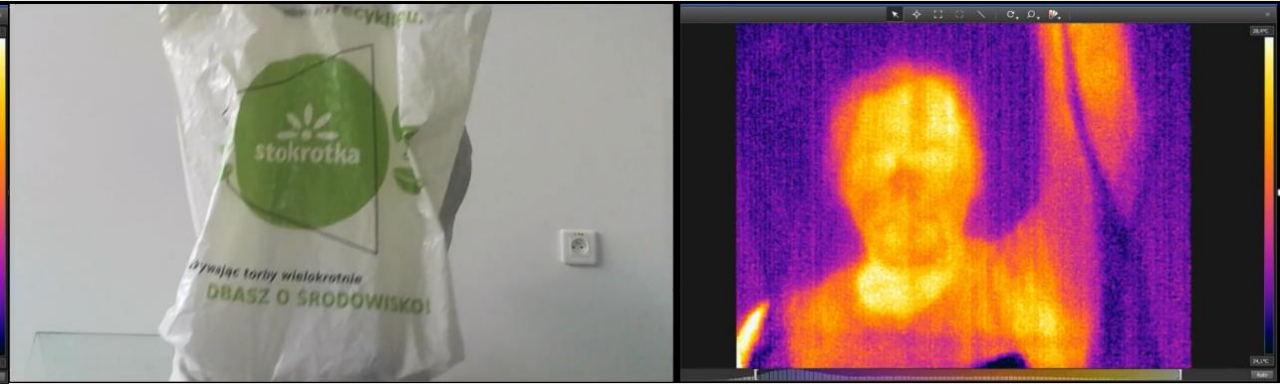


TERMOWIZJA PRZEZ REKLAMÓWKĘ

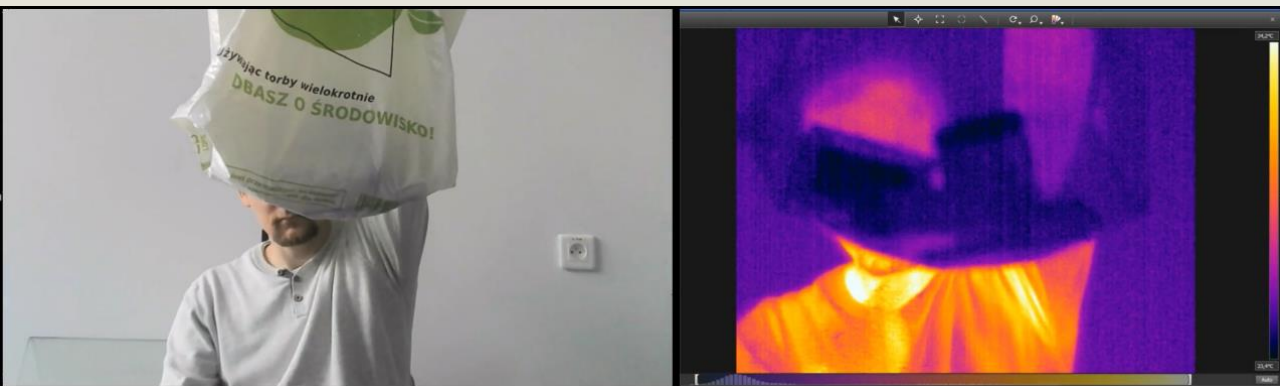
1



2



3



LÓD NA SZYBIE

1



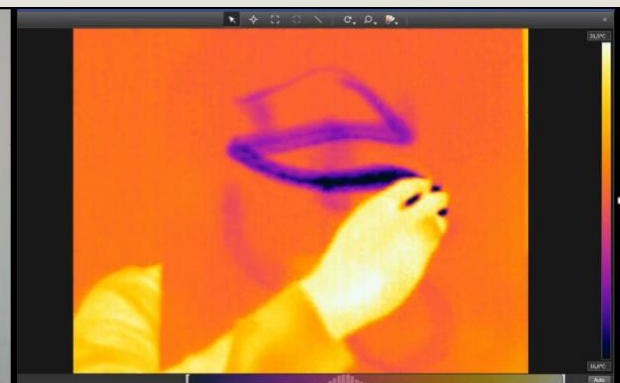
2



3



4



SUSZENIE WŁOSÓW SUSZARKĄ

1



2



3



4



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

CIEPŁO W DOMU OKIEM KAMERY TERMOWIZYJNEJ

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów
i Napędów Lotniczych
mgr inż. Paweł Magryta

Projekt „ Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

