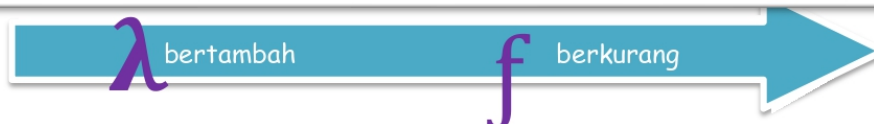
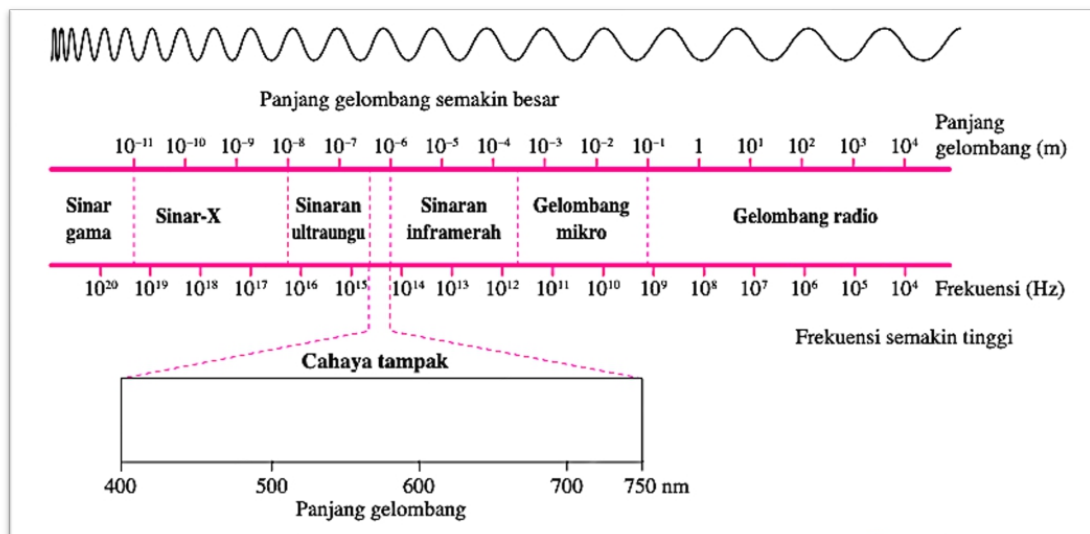


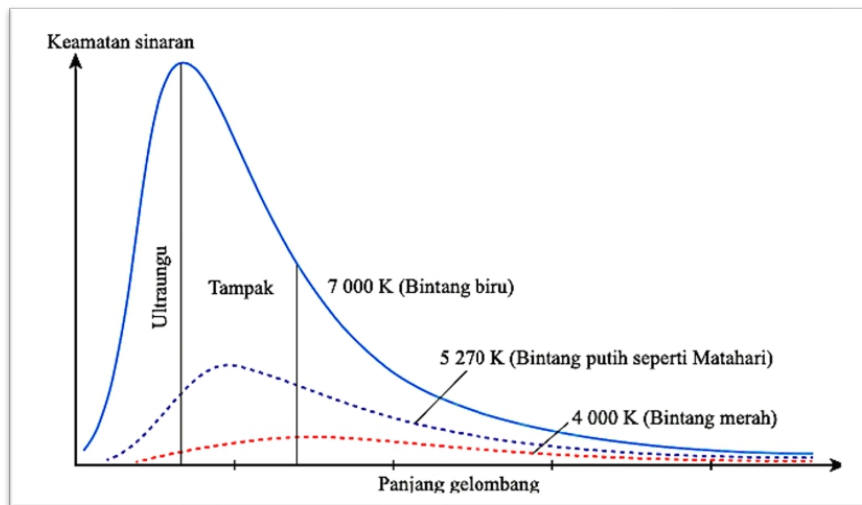
TOPIK 7: KUANTUM FIZIK

7.1 TEORI KUANTUM CAHAYA

1. Semua objek dapat memancarkan **sinaran elektromagnet**.
2. Frekuensi sinaran elektromagnet yang terpancar bergantung pada suhu objek itu.
3. Objek yang **sejuk** memancarkan gelombang dengan **frekuensi yang rendah**, contohnya gelombang radio atau gelombang mikro.
4. Objek yang **panas** memancarkan gelombang dengan **frekuensi yang lebih tinggi**, contohnya cahaya tampak dan sinaran ultraungu.


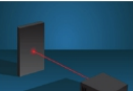
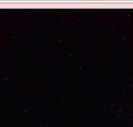
**JASAD HITAM**

1. **Jasad hitam** merupakan suatu jasad unggul yang berupaya menyerap semua sinaran elektromagnet yang jatuh padanya.
2. **Jasad hitam** juga dapat memancarkan sinaran termal bergantung pada suhunya.
3. Sinaran yang dipancar berbentuk spektrum selanjat dan tidak dipengaruhi oleh sifat permukaan jasad hitam.
4. Sebarang objek yang memancarkan sinaran elektromagnet mengikut suhunya dikenali sebagai pemancar jasad hitam (*black body radiator*).
5. Apabila **suhu** suatu objek **meningkat**, objek tersebut bertindak sebagai **pemancar jasad hitam** dengan **memancarkan sinaran termal** pada semua panjang gelombang

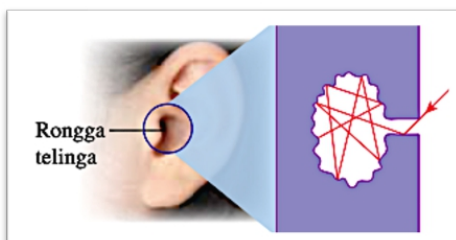


Rajah 7.1: Graf keamatan sinaran melawan panjang

1. Semakin tinggi keamatan cahaya sesuatu jasad hitam, semakin banyak tenaga cahaya terpancar daripadanya.
2. Suhu bertambah, jasad bertindak sebagai radiator jasad hitam dan memancarkan sinaran haba.

JENIS PERMUKAAN	PENERANGAN
	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan putih adalah pemantul cahaya yang baik. • Menyerap sedikit cahaya dan memantulkan kebanyakan cahaya. • Penunjuk laser kelihatan silau (merengsakan mata)
	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan hitam adalah penyerap cahaya yang baik. • Menyerap kebanyakan cahaya dan memantulkan sedikit. • Penunjuk laser kurang silau (kurang merengsakan mata)
	<ul style="list-style-type: none"> • Jasad hitam yang ideal adalah penyerap cahaya yang sangat baik. • Menyerap semua lampu dan tidak memantulkan cahaya. • Memancarkan sinaran apabila suhunya meningkat. • (Radiator jasad hitam)

BAGAIMANA RONGGA TELINGA BETINDAK SEBAGAI JASAD HITAM?



1. Sinaran cahaya yang memasuki rongga telinga.
2. Proses pantulan berulang-ulang pada dinding dalam rongga telinga berlaku.
3. Setiap kali pantulan berlaku, sinaran akan diserap oleh dinding dalam rongga telinga
4. (semua cahaya diserap).
5. Tiada cahaya yang keluar daripada rongga telinga.

PENCETUSAN IDEA TEORI FIZIK KUANTUM: TEORI KLASIK



Isaac Newton (1643-1727)

- Menerangkan sifat zarah cahaya
- Tidak dapat menerangkan pembiasan cahaya

Thomas Young (1773-1829)

- Menunjukkan cahaya sebagai gelombang (Eksperimen Dwi-celah)
 - Tidak dapat menerangkan spektrum sinaran badan hitam



John Dalton (1766-1844)

- Atom sebagai zarah terkecil jirim
- Tidak dapat menerangkan spektrum cahaya yang dihasilkan oleh atom

J.J Thompson (1856-1940)

- Menemui zarah subatomik bercas negatif (elektron)
 - Tidak dapat menerangkan spektrum cahaya yang dihasilkan oleh atom



PENCETUSAN IDEA TEORI FIZIK KUANTUM: TEORI KUANTUM

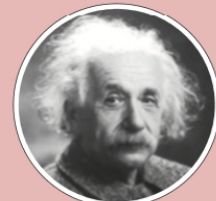


Max Planck (1858-1947)

- Memperkenalkan idea kuantum sebagai paket tenaga diskret
- Gelombang elektromagnet yang dipancarkan oleh jasad hitam berada dalam paket tenaga diskret (kuantum tenaga)
 - $E = hf$

Albert Einstein (1879-1955)

- Membangunkan teori Planck dengan menyatakan bahawa cahaya wujud dalam kuantum (foton)
 - Daripada $E = hf$ (hubungan tenaga kinetik fotoelektron yang dipancarkan dengan frekuensi cahaya)
 - Menemui kesan fotoelektrik



Niels Bohr (1885-1962)

- Spektrum garis dihasilkan oleh atom Hidrogen
- Foton dipancarkan apabila elektron berpindah dari tahap tenaga tinggi ke tahap tenaga rendah

Louis de Broglie (1892-1987)

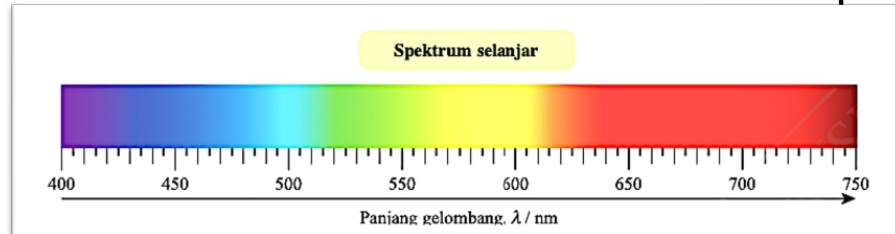
- Memperkenalkan hipotesis bahawa zarah juga boleh menunjukkan sifat gelombang
 - Einstein & de Broglie membuat postulat idea tentang dualiti gelombang-zarah cahaya dan semua zarah subatom



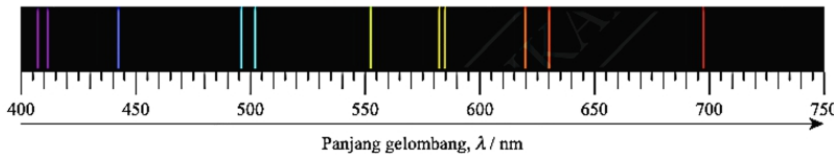
KUANTUM TENAGA

SPEKTRUM

SELANJAR: Cahaya nampak dianggap berterusan kerana **TIADA** pemisahan jurang antara setiap warna dalam spektrum



Spektrum garis



SPEKTRUM GARIS:

menunjukkan **sinaran elektromagnet** bagi **frekuensi** tertentu. Setiap garis dalam spektrum garis disebabkan oleh **peralihan**, membentuk satu keadaan kuantum ke keadaan kuantum lain yang melibatkan **elektron**.

TEORI KUANTUM PLANCK

1. Paket tenaga diskret dan bukan tenaga selanjar.
2. Cahaya wujud dalam kuantum (foton)
3. Tenaga sinaran bergantung kepada frekuensi. ($E = hf$)

$$E = hf$$

E = tenaga foton

f = frekuensi

h = Pemalar Planck (6.63×10^{-34} Js)

Frekuensi bertambah

Tenaga foton bertambah

$$c = f\lambda$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$\therefore E = \frac{hc}{\lambda}$$

Kelajuan sinaran elektromagnet dalam vakum ialah c (3.0×10^8 ms⁻¹)

Panjang gelombang berkurang
Tenaga foton bertambah

Panjang gelombang De Broglie: DUALITI GELOMBANG-ZARAH

Prinsip De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$



Sifat gelombang jirim = Gelombang De Broglie atau gelombang jirim

λ = panjang gelombang

p = momentum zarah = mv

m = jisim zarah



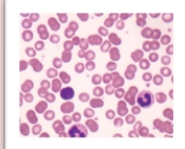
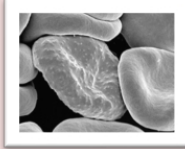
v = halaju zarah

h = Pemalar Planck (6.63×10^{-34} Js)

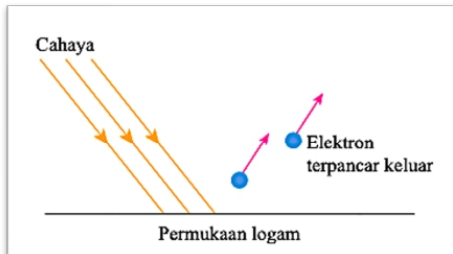
Tenaga foton: $E = hf$

Kuasa foton: $P = nhf$
(n = bilangan foton yang dipancarkan sesaat)

Perbandingan antara MIKROSKOP CAHAYA dan MIKROSKOP ELEKTRON

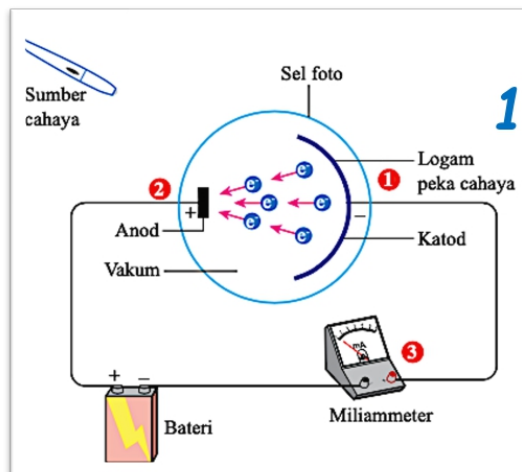
	Mikroskop cahaya 	Mikroskop elektron 
Sumber cahaya	Alur cahaya	Alur elektron (kelajuan tinggi)
Imej difokuskan oleh	Kanta objektif kaca	Kanta objektif elektromagnet
Imej dilihat melalui	Kanta mata kaca (kanta mata kaca)	Skrin pendarfluor
Resolusi	Rendah (Maks: 1500 X)	Tinggi (Maks: 500 000 X)
Kuasa resolusi	Max: 200 nm	Max: 0.1 nm
Spesimen memerlukan pewarnaan atau rawatan khas	Tidak selalu	Ya
Spesimen diletakkan pada	Slaid kaca: (hidup/mati)	Jaring tembaga: (Sentiasa mati)
Warna imej	Berwarna	Hitam dan putih
Imej dihasilkan (darah manusia)		

7.2 KESAN FOTOELEKTRIK



1. Apabila suatu permukaan logam disinari oleh alur cahaya yang mempunyai frekuensi tertentu, elektron daripada logam itu dapat dipancarkan keluar.
2. Fenomena ini dikenali sebagai **kesan FOTOELEKTRIK**.

2. Fotoelektron (elektron) yang dipancarkan tertarik kepada anod

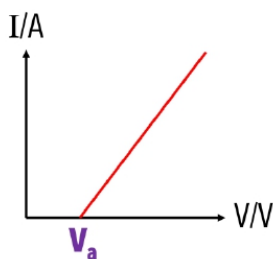


1. Permukaan logam sensitif cahaya (katod)

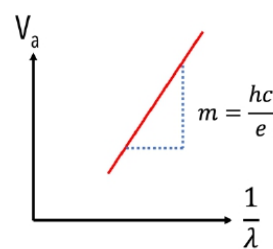
- Diterangi dengan pancaran cahaya tertentu
- Fotoelektron (elektron) akan dipancarkan daripada permukaan logam

3. Pergerakan Fotoelektron (katod → anod) menghasilkan arus

Hubungan antara voltan pengaktifan (V_a) dan panjang gelombang cahaya.



Graf I melawan V



Graf I melawan λ

$$\text{Kecerunan} = m = \frac{hc}{e}$$

$$\therefore h = \frac{me}{c}$$

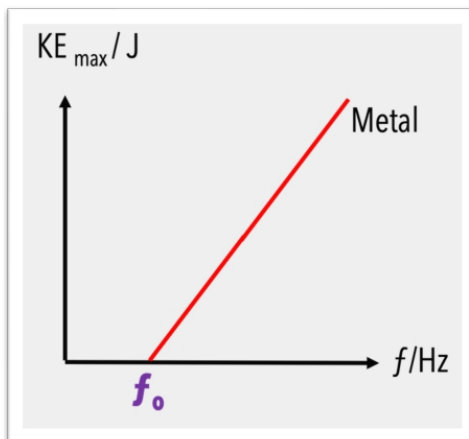
λ berkurang
 V_a bertambah

TIPS SPM

SPM 2022

1. Menjelaskan maksud kesan fotoelektrik.
2. Menerangkan bagaimana penunjuk milliammeter terpesong.

- Kesan fotoelektrik berlaku apabila **cahaya mengenai permukaan logam**.
- **Elektron dalam logam menyerap tenaga daripada cahaya dan terlepas dari permukaan logam**.
- TEORI KLASIK, cahaya dalam bentuk gelombang adalah spektrum dengan tenaga berterusan dan kesan fotoelektrik seharusnya boleh berlaku pada sebarang frekuensi gelombang cahaya.
- Cahaya terang yang mempunyai tenaga tinggi sepatutnya dapat memancarkan elektron dengan cepat.
- Cahaya malap mempunyai tenaga yang rendah jadi elektron memerlukan masa yang lebih lama untuk menyerap tenaga yang cukup untuk melepaskan diri dari permukaan logam.
- **EKSPERIMEN KESAN FOTOELEKTRIK** menunjukkan bahawa pelepasan fotoelektron hanya terpakai kepada gelombang cahaya dengan frekuensi yang melebihi nilai tertentu tanpa dipengaruhi oleh keamatan cahaya.
- **Fotoelektron** juga dipancarkan **serta-merta** pada frekuensi cahaya tersebut walaupun pada keamatan cahaya rendah.



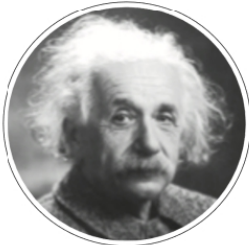
- Frekuensi bertambah, tenaga kinetik fotoelektron bertambah
- f_0 (frekuensi ambang) = frekuensi minimum yang diperlukan untuk logam memancarkan elektron
- Tenaga kinetik Fotoelektron TIDAK bergantung kepada keamatan cahaya

SPM 2021

1. Menjelaskan maksud frekuensi ambang.
2. Menerangkan kesan keamatan cahaya terhadap tenaga kinetik fotoelektron.

TIPS SPM

7.3 TEORI FOTOELEKTRIK EINSTEIN



- Foton ialah zarah cahaya yang membawa tenaga.
- Tenaga foton adalah berkadar terus dengan frekuensi cahaya, f .

$$E = hf$$

E = tenaga foton

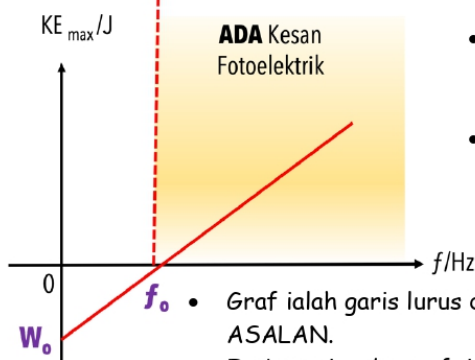
f = frekuensi

h = Pemalar Planck (6.63×10^{-34} Js)

Frekuensi bertambah

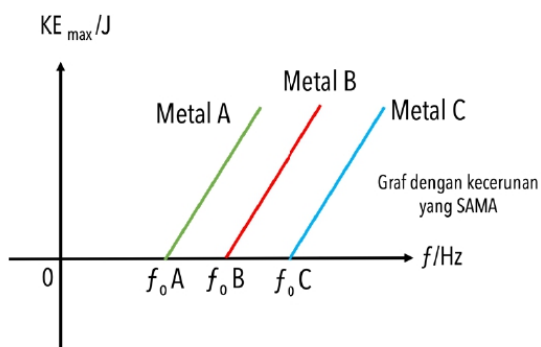
Tenaga foton bertambah

TIADA Kesan Fotoelektrik



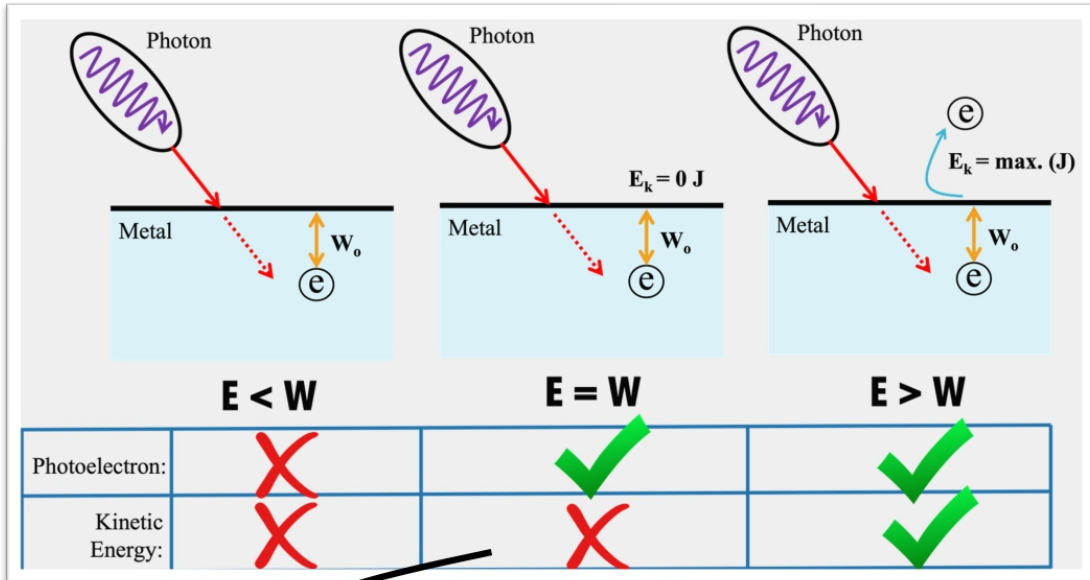
- f_0 (frekuensi ambang) = frekuensi minimum yang diperlukan untuk logam memancarkan elektron
- W_0 (fungsi kerja) = Tenaga minimum yang diperlukan untuk fotoelektron dipancarkan daripada permukaan logam

- Graf ialah garis lurus dengan kecerunan positif dan TIDAK melalui ASALAN.
- Frekuensi ambang, f_0 ialah nilai pintasan pada paksi frekuensi.

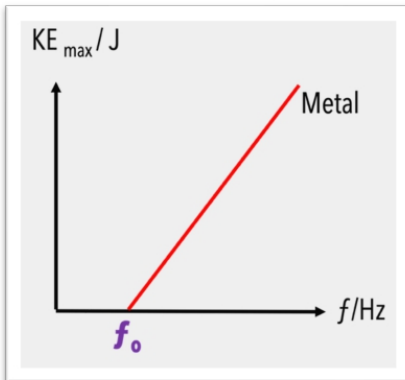


- Frekuensi ambang, f_0 , bertambah
- Fungsi kerja, W_0 , bertambah
- Ini bermakna tenaga minimum yang diperlukan untuk kesan fotoelektrik berlaku adalah lebih tinggi.
- Logam yang berbeza mempunyai frekuensi ambang yang berbeza.

Pembebasan fotoelektron dari permukaan logam apabila cahaya pada frekuensi tertentu menerangi logam



Fotoelektron dipancarkan tanpa tenaga kinetik



$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = 0$$

$$\downarrow$$

$$0 = hf_0 - W$$

$$W = hf_0$$

$$\downarrow$$

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = hf - W$$

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = hf - hf_0$$

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = h(f - f_0)$$

$$E = W + K_{\max}$$

$$hf = W + \frac{1}{2}mv_{\max}^2$$

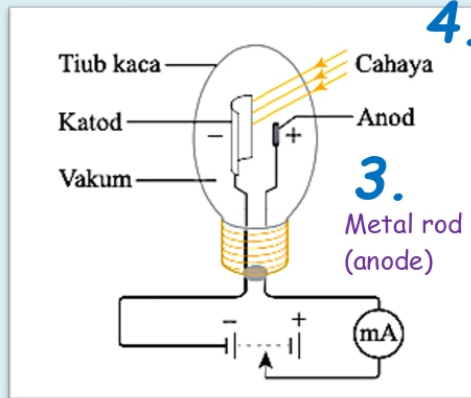
$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = hf - W$$

TIPS SPM

- SPM 2021**
 1. Mengira fungsi kerja bagi logam
- SPM 2022**
 2. Mengira fungsi kerja bagi sel foto

Penghasilan Arus Fotoelektrik dalam Sebuah Litar Sel Foto

- 1. Satu litar terdiri daripada tiub vakum kaca
- 2. Katod bebentuk separuh silinder



4. Apabila fotosel diterangi oleh cahaya, arus fotoelektrik dihasilkan dalam litar

Pengeluaran ARUS FOTOELEKTRIK oleh fotosel yang disalut dengan CESIUM dan LITHIUM

CESIUM	LITHIUM
Fungsi kerja cesium, $W = 2.14 \text{ eV}$	Fungsi kerja lithium, $W = 2.50 \text{ eV}$
Frekuensi ambang, $f_0 = 5.16 \times 10^{14} \text{ Hz}$	Frekuensi ambang, $f_0 = 6.03 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Panjang gelombang maksimum untuk menghasilkan arus fotoelektrik, $\lambda = 579 \text{ nm}$	Panjang gelombang maksimum untuk menghasilkan arus fotoelektrik, $\lambda = 496 \text{ nm}$
Fungsi Kerja: meningkat	
Panjang gelombang rendah untuk menghasilkan arus fotoelektrik	
Keamatan cahaya: bertambah	
Arus Fotoelektrik: bertambah	
<p>*Keamatan cahaya mempengaruhi bilangan elektron yang dibebaskan</p> <p>*Tenaga kinetik dipengaruhi oleh frekuensi cahaya</p> <p>frekuensi bertambah, tenaga kinetik bertambah</p>	

APLIKASI FOTOELEKTRIK



- **Lampu LED** di sepanjang jalan raya yang beroperasi dengan sel suria adalah jimat tenaga dan mesra alam.
- Pada waktu siang, kesan fotoelektrik sel suria membolehkan tenaga elektrik disimpan dalam bateri.
- Pada waktu malam, lampu LED akan menyala apabila dibekalkan kuasa daripada bateri tersebut.



NOOR COMPLEX POWER PLANT (MOROCCO)

- Terletak di Gurun Sahara merupakan sebuah stesen jana kuasa menggunakan susunan sel suria terbesar di dunia.
- Stesen ini siap dibina pada tahun 2020 dan mampu menghasilkan kapasiti 580 MW untuk kegunaan 1 juta penduduk.



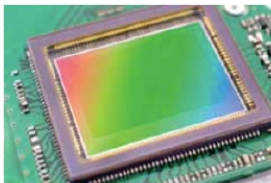
Satelit dikuasakan oleh sel suria

- Hampir semua aktiviti dalam Stesen Angkasa Antarabangsa ISS (*International Space Station*) bergantung pada sumber tenaga elektrik yang terhasil daripada panel suria.
- ISS mempunyai 16 sayap panel suria dan setiap panel mempunyai 33 ribu sel suria yang bersaiz 35 m × 12 m.
- Panel ini mampu menjanakan 84 - 120 kW tenaga elektrik.



Pengesan cahaya pada pintu automatik menggunakan pancaran inframerah dan fotosel sebagai suis

- Pengesan cahaya pada pintu automatik menggunakan alur cahaya inframerah dan sel foto sebagai suis.
- Apabila lintasan cahaya diganggu, pengaliran arus fotoelektrik dalam litar sel foto akan terputus dan pintu akan kekal dalam keadaan terbuka.



Pengesan imej adalah komponen utama dalam kamera resolusi tinggi

- Komponen utama dalam kamera resolusi tinggi.
- Komponen ini digunakan untuk menukarkan cahaya kepada isyarat elektrik yang boleh diproses menjadi imej digital.

Menyelesaikan Masalah yang melibatkan KESAN FOTOELEKTRIK**CONTOH 1:**

Apabila logam dengan fungsi kerja 4.32×10^{-19} J disinari oleh cahaya ungu ($\lambda = 4 \times 10^{-7}$ m), apakah tenaga kinetik maksimum bagi fotoelektron yang dipancarkan?

[Pemalar Planck, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s, kelajuan cahaya dalam vakum, $c = 3.00 \times 10^8$ m s⁻¹]

$$\begin{aligned}
 hf &= W + K_{\max} \\
 \frac{hc}{\lambda} &= W + K_{\max} \\
 K_{\max} &= \frac{hc}{\lambda} - W \\
 K_{\max} &= \frac{(6.63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{(4 \times 10^{-7})} - 4.32 \times 10^{-19} \\
 K_{\max} &= 6.53 \times 10^{-20} \text{ J}
 \end{aligned}$$

CONTOH 2:

Frekuensi ambang bagi logam peka cahaya dalam sel foto itu ialah 5.2×10^{14} Hz. Hitung fungsi kerja bagi loga peka cahaya dalam sel foto itu.

$$\begin{aligned}
 W &= hf_0 \\
 W &= 6.63 \times 10^{-34} (5.2 \times 10^{14}) \\
 W &= 3.4476 \times 10^{-19} \text{ J}
 \end{aligned}$$

CONTOH 3:

Jika sumber cahaya menghasilkan pancaran cahaya monokromatik dengan panjang gelombang 635 nm mengangkut tenaga pada kadar 0.30 mW, hitung bilangan foton sesaat yang melalui keratan rentas alur itu.

$$\begin{aligned}
 P &= nhf = \frac{nhc}{\lambda} \\
 n &= \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(0.3 \times 10^{-3})(6.35 \times 10^{-9})}{(6.63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)} = 9.58 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}
 \end{aligned}$$