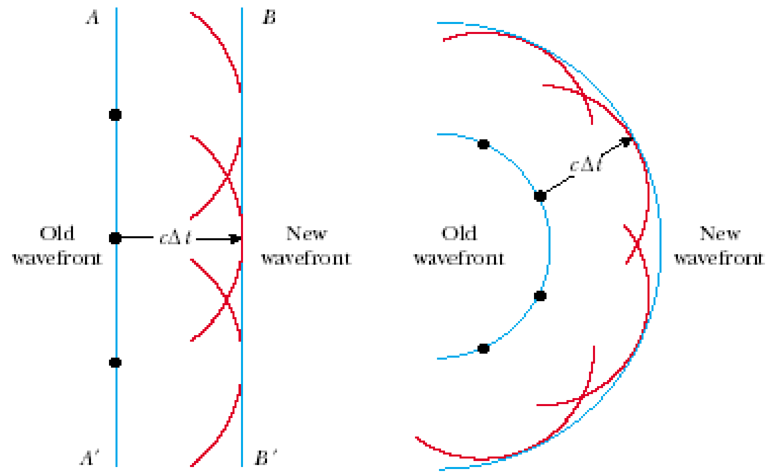
Дифракция на светлината

- Принцип на Хюйгенс и Френел. Зони на Френел.
  - праволинейно разпространение на светлината
- Френелова дифракция от кръгъл отвор
- Дифракция на Фраунхофер от тесен процеп
  - условия за максимуми и минимуми
  - дифракционна разходимост
- Дифракционна решетка
  - условия за главни максимуми и минимуми
  - дифракционен спектър на бяла светлина

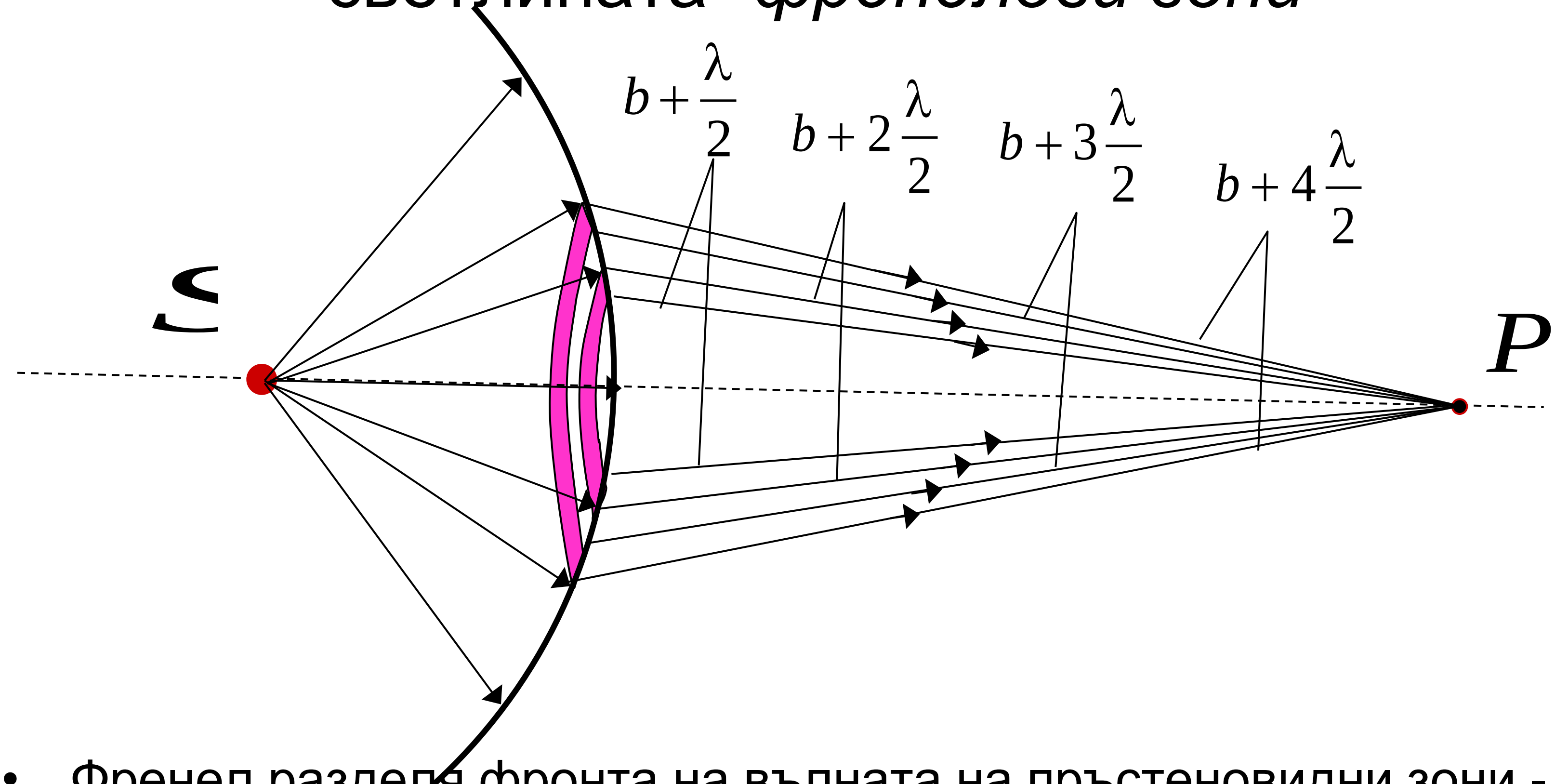
Принцип на Хюйгенс и Френел

- *Принцип на Хюйгенс* - точките от вълновия фронт стават източници на *вторични сферични вълни*. Обвивката на *вторичните вълни* по посока на разпространение на вълната, дава вълновия фронт на вълната след време Δt.



- *Принцип на Хюйгенс и Френел - вторичните сферични вълни*, са кохерентни помежду си и при суперпозиция *интерферират.*
  - обяснява праволинейното разпространение на светлината
  - дава информация за амплитудите на вълните.

Праволинейното разпространение на светлината- *френелови зони*



- Френел разделя фронта на вълната на пръстеновидни зони - *зони на френел*
  - Начин на разделяне на фронта на вълната - чрез описване на сфери с център в точката на наблюдение P и радиуси, нарастващи с $\lambda/2$.
  - Всяка от зоните създава своя вълна в точката P

Праволинейното разпространение на светлината- *френелови зони*

- Амплитудата на резултантната вълна в т. P е суперпозиция на вълните създадени от *френеловите зони*
- Предполагаме, че $A_1 > A_2 > A_3 > \dots$
- Отчитайки *деструктивната интерференция* между вълните на всеки две *френелови зони*, амплитудата на резултантната вълна в т. P е:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - \dots =$$
$$= A_1/2 + \left(A_1/2 - A_2 + A_3/2\right) + \left(A_3/2 - A_4 + A_5/2\right) + \dots$$

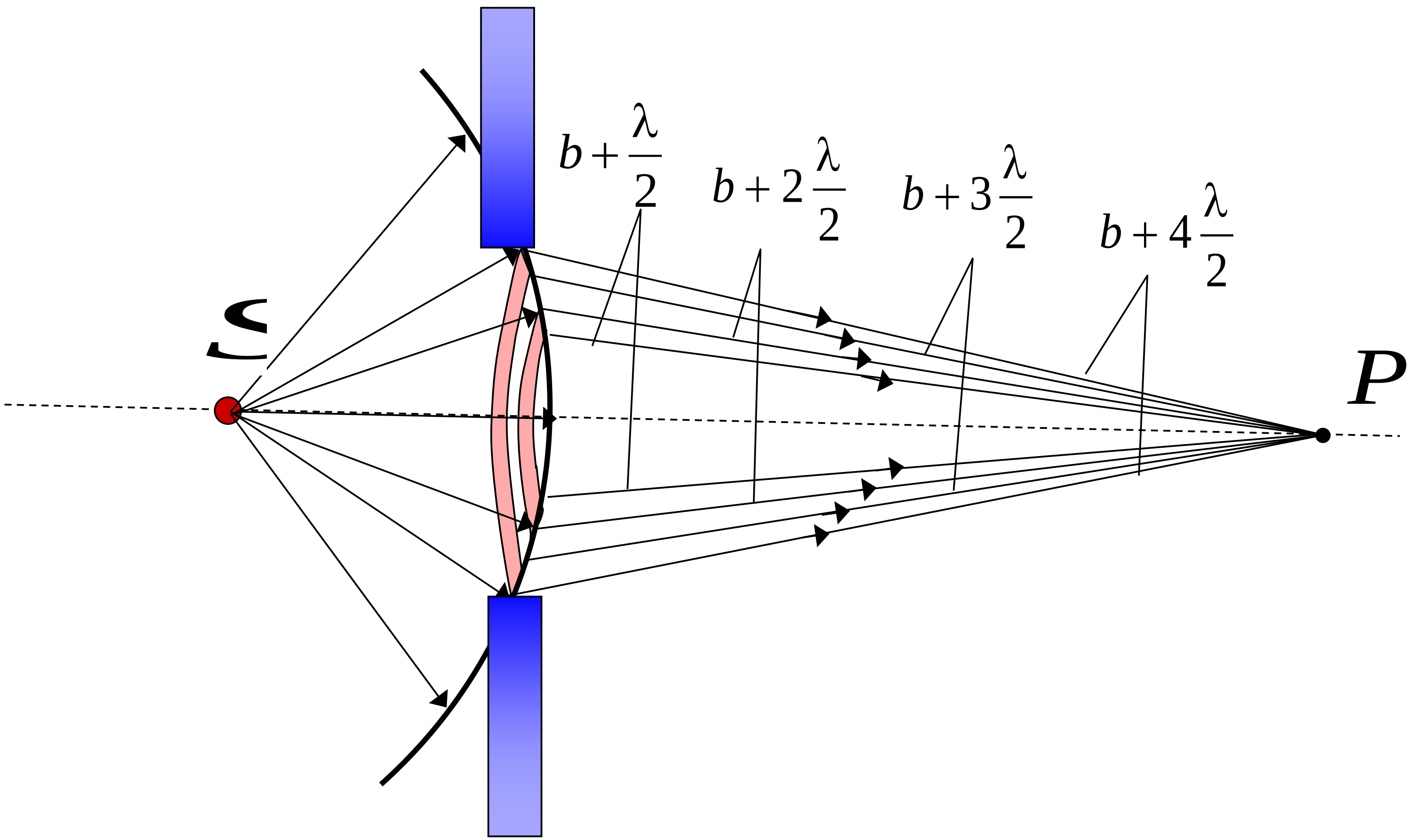
- Нека приемем, че $A_{2n} \approx \left(A_{2n-1} + A_{2n+1}\right)/2$
- Амплитудата на резултантната вълна в т. P е равна на половината от амплитудата създавана от *първата зона на Френел*. $A \approx A_1/2$
- Пресмятане на радиуса разделящ първата и втората *зони на Френел*

$$r_1 = \sqrt{\left(b + \lambda/2\right)^2 - b^2} \approx \sqrt{\lambda b}; \lambda = 0,56\mu m; b = 1m \Rightarrow r_1 \approx 0,7 \cdot 10^{-3} m$$

Френелова и Фраунхоферова дифракция

- Френелова дифракция
  - Светлинния източник е на крайно разстояние от преградата, процепа
    - Падащата вълна е обикновено сферична
  - Дифракционната картина се наблюдава на крайно разстояние от преградата
    - Дифракцията се наблюдава без уред
- Фраунхоферова дифракция
  - Светлинния източник е на много голямо разстояние от преградата, процепа
    - Падащата вълна е плоска
  - Екранът е много отдалечен от преградата
    - Лъчите могат да се разглеждат като успоредни
    - Дифракцията се наблюдава със събираща леща

Френелова дифракция от кръгъл отвор



Вида на дифракционната картина зависи от броят *зони на Френел*, които се съдържат в отвора !

Френелова дифракция от кръгъл отвор

- Дифракция от кръгъл отвор – четен брой *зони на Френел*

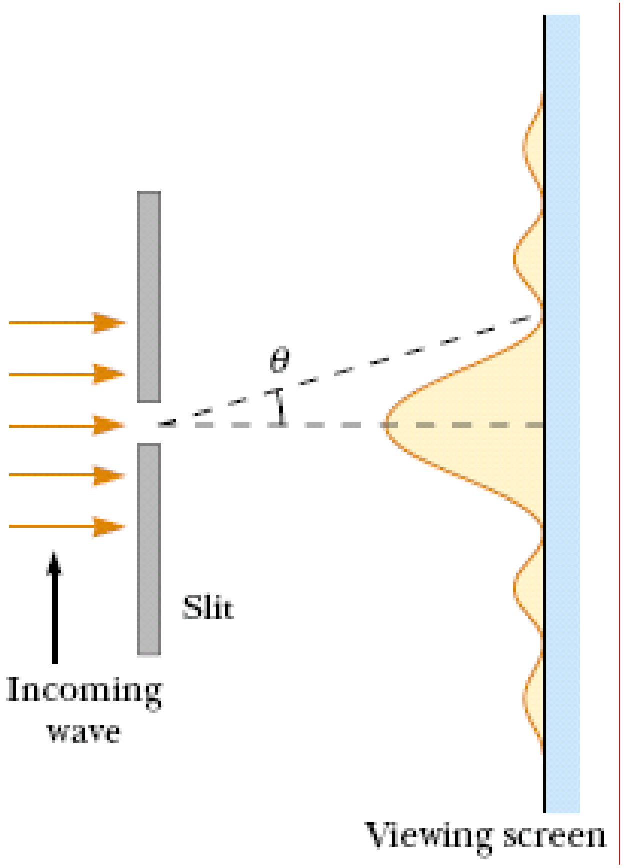
$$A = A_1/2 + \left(A_1/2 - A_2 + A_3/2\right) + \left(A_3/2 - A_4 + A_5/2\right) + \ldots \approx$$
$$\approx A_1/2 + A_{2n-1}/2 - A_{2n}$$
$$A_1 \approx A_{2n-1} \approx A_{2n} \Rightarrow A = 0$$

- Дифракция от кръгъл отвор – нечетен брой *зони на Френел*

$$A = A_1/2 + \left(A_1/2 - A_2 + A_3/2\right) + \left(A_3/2 - A_4 + A_5/2\right) + \ldots \approx$$
$$\approx A_1/2 + A_{2n+1}/2$$
$$\Rightarrow A_1 \approx A_{2n+1} \Rightarrow A \approx A_1$$

Дифракция на Фраунхофер от тесен процеп

- Процеп с ширина a
- Осветен с плоска светлинна вълна, чийто фронт е успореден на процепа
- Разглеждаме вторичните вълни от точките на процепа в направление под ъгъл θ относно първоначалното разпространение на вълната
- ***Централен максимум -*** лъчи под ъгъл 0



Дифракция на Фраунхофер от тесен процеп

- Ширина на една *зона на Френел*

$$x_F \sin\theta = \lambda/2 \Rightarrow x_F = \lambda/(2\sin\theta)$$

- Брой на *зоните на Френел*

$$m = a/x_F = 2a\sin\theta/\lambda$$

- Условие за *дифракционни минимуми* – четен брой *зони на Френел*

$$m = 2n = 2a\sin\theta_{n,MIN}/\lambda \Rightarrow a\sin\theta_{n,MIN} = n\lambda$$

- Условие за страничните *дифракционни максимуми* – нечетен брой *зони на Френел*

$$m = 2n+1 = 2a\sin\theta_{n,MAX}/\lambda \Rightarrow a\sin\theta_{n,MAX} = (2n+1)\lambda/2$$

Дифракция на Фраунхофер от тесен процеп. Дифракционна разходимост

- Две зони на Френел

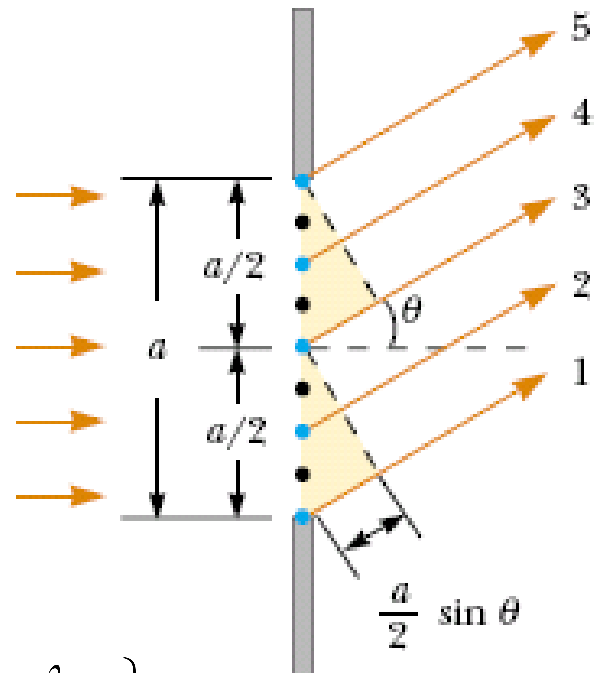
$$m = 2 \Rightarrow n = 1 \Rightarrow a \sin \theta_{1,MIN} = \lambda$$

- Първия дифракционен минимум от процеп се появява при

$$\sin \theta_{1,MIN} = \lambda / a << 1 \Rightarrow \theta_{1,MIN} \approx \lambda / a$$

- Ъгловата ширина на централния максимум - ъгъл на дифракционната разходимост

$$\Delta \theta = 2\theta_{1,MIN} \approx 2\lambda / a$$



$$\left.\begin{array}{l} x_F = \dfrac{\lambda}{2\sin\theta} \\ x_F = \dfrac{a}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\lambda}{2\sin\theta} = \frac{a}{2} \Rightarrow a\sin\theta = \lambda$$

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{a}{2}\sin\theta$$

Дифракционна решетка

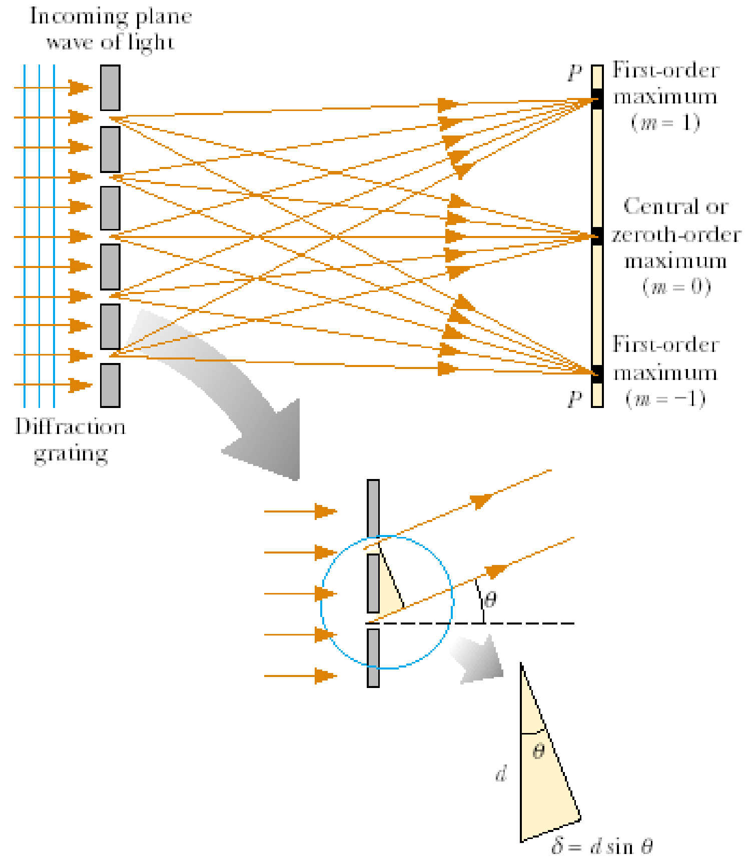
- *Дифракционна решетка* състои се от N еднакви успоредни процепа разположени в една равнина
  - *Ширината на всеки процеп* е а
  - *Разстоянието* между два съседни процепа е b
  - *Константа на решетка*

$$d = a + b$$

  - За видимата област

$$\lambda \subset 400 \div 700 nm$$

$$1mm / 1000 \Rightarrow d \approx 1 \mu m$$



Дифракционна решетка

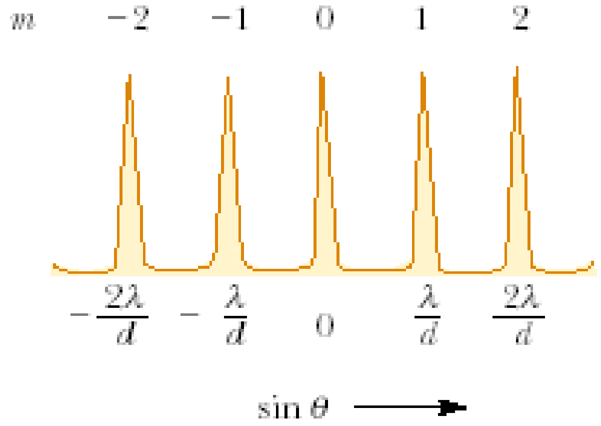
- Наслагването на вълните от различните процепи е по същество *интерференция на много вълни*. В случая процепите имат определена ширина, т. е. от всеки процеп възниква *дифракционна картина*
- *Главни максимуми* - когато вълните от два съседни процепа имат разлика в пътищата цяло число дължини на вълната

$$d \sin \theta_{m,MAX} = \pm m\lambda, m = 0, 1, 2 \ldots$$

m - *порядък на главните максимуми*

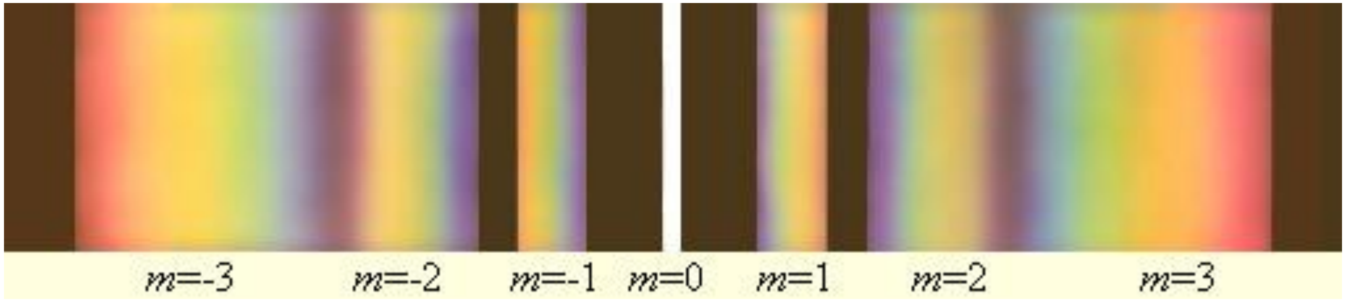
- Резултантната амплитуда е пропорционална на броя на процепите
- Приблизително условие за *главни минимуми*

$$a \sin \theta_{m,MIN} \approx \pm m\lambda, m = 0, 1, 2 \ldots$$

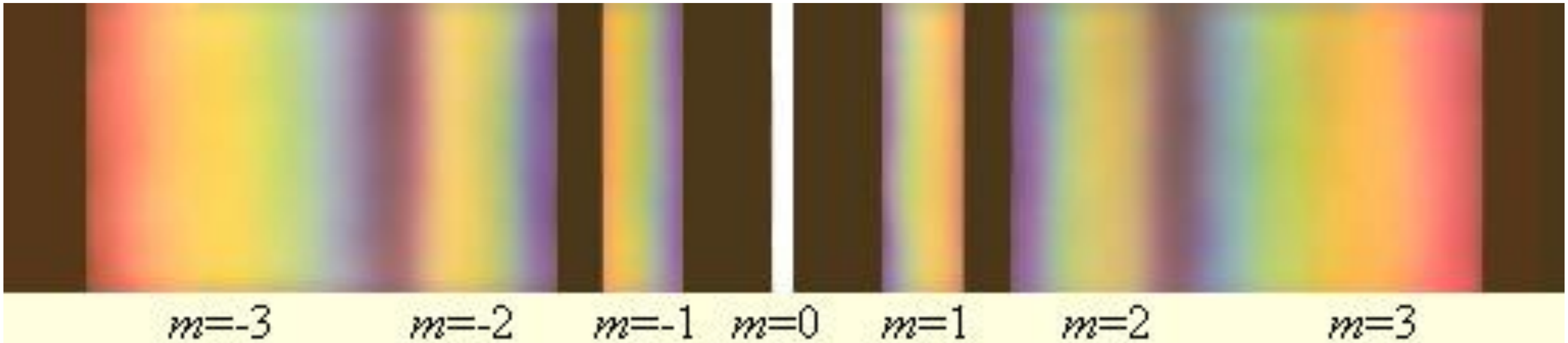


Дифракционен спектър на светлина

- От $d\sin\theta_{m,MAX} = \pm m\lambda$ се вижда, че положението на *главните максимуми*, зависи от дължината на вълната
  - Колкото по-голяма е λ, толкова под по-голям ъгъл се наблюдава главния максимум от m–ти порядък.
- Светлината е суперпозиция от монохроматични вълни с различни дължини.
  - Всяка от тях, след като премине през дифракционната решетка, създава своя *дифракционна картина*.
  - *Дифракционните картини*, съответстващи на различните дължини на вълната, са отместени в пространството една спрямо друга - решетката разлага светлината и на екрана се наблюдават *дифракционни спектри*.



Дифракционен спектър на светлината



В центъра на екрана се получава бяла ивица - *централния максимум.*

Най близо до нея е разположен *главния дифракционен максимум от първи порядък*, представлява цветна ивица, съдържаща всички цветове на дъгата. Червения цвят с най-голяма е отместен най-силно, докато виолетовия с най-малка дължина на вълната е отместен най-малко.

Дифракционните решетки се използват в спектралните апарати за разлагане на бялата светлина.