

العدسات واستخداماتها في التصوير في طب الأسنان

الدكتور شادي معوض

الأهداف العامة للفصل:

يهدف هذا الفصل إلى التزود بالمعلومات العامة حول أنواع لعدسات ومكوناتها



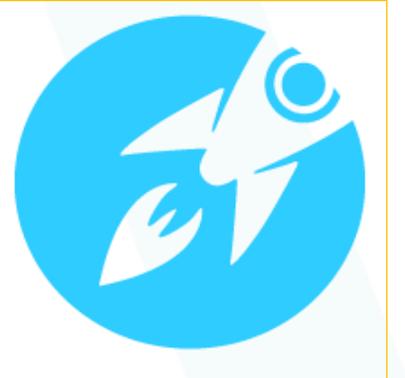
المهارات التي يمكن اكتسابها:

إن إدراك المعلومات الواردة في الفصل تعرف القارئ حول أنواع العدسات وكيفية انتقاء العدسة المناسبة للصور الضوئية المطلوبة.



انطلق أبعد: من أجل الاستزادة بمعلومات أكبر، فإن المراجع المعتمدة في هذا الفصل هي:

1. Ahmad, I. *Dental Photography: Principles and Techniques*. Wiley-Blackwell, 2018. Johnston, W.M., & Kao, E.C. *Dental Photography in Clinical Dentistry*. J Prosthet Dent. 2006;95(6): 451–457.
2. Araujo, M.A., et al. *Photography in Dentistry: A Practical Guide*. Quintessence Publishing, 2017. Academy of Cosmetic Dentistry (ACD). *Guidelines for Clinical Photography*, 2020.
3. Christensen, G.J. *Clinical Photography in Dentistry*. J Am Dent Assoc. 2009;140(4): 434–439.



مقدمة

تُعدّ العدسة أحد أهم العناصر المؤثرة في جودة الصورة في كاميرات DSLR، إذ تعمل بوصفها الواجهة البصرية الأساسية التي تنظّم دخول الضوء وتشكّله قبل وصوله إلى مستشعر الالتقاط. وتختلف العدسات في بنائها البصري، وطولها البؤري، وفتحة عدستها، والغرض الذي صُممت من أجله، مما يجعل فهم أنواعها ومكوناتها ومبادئ عملها أمراً أساسياً للطلاب في مجالات طب الأسنان، والتصوير الطبي، والإعلام، والهندسة الضوئية.

البعد البؤري للعدسة

إن فهم البعد البؤري للعدسة البصرية أمر بالغ الأهمية لتطبيقات العدسات البصرية المختلفة عبر مختلف الصناعات. البعد البؤري هو سمة فريدة للعدسة البصرية التي تصور قدرتها على تركيز الضوء أو تشتيته. يُرى أحد التطبيقات الرئيسية للبعد البؤري في أجهزة التصوير مثل الكاميرات. هنا، البعد البؤري هو المسافة بين المركز البصري للعدسة ومستشعر الصورة بالكاميرا. يؤثر بشكل مباشر على مجال الرؤية الواسع في التصوير الفوتوغرافي. على سبيل المثال، توفر الأطوال البؤرية الأقصر زاوية أوسع للتصوير.

ما هو البعد البؤري للعدسة؟

العدسات البصرية مناسبة لعمليات مختلفة عبر مجموعة واسعة من الصناعات مثل الرعاية الصحية والتصوير الفوتوغرافي والاتصالات وما إلى ذلك بسبب الخصائص الفريدة التي تمتلكها بما في ذلك أطوالها البؤرية. تأخذ هذه الصناعات في الاعتبار معلمات مثل معامل الانكسار والطول البؤري وما إلى ذلك قبل تصنيع العدسات البصرية.

يوضح البعد البؤري قدرة العدسة البصرية على نشر أشعة الضوء أو تركيزها أثناء مرورها. في البصريات، تقيس هذه المعلمة المسافة بين مركز العدسة ونقطة التركيز للعدسة - حيث يتم تركيز شعاع الضوء.

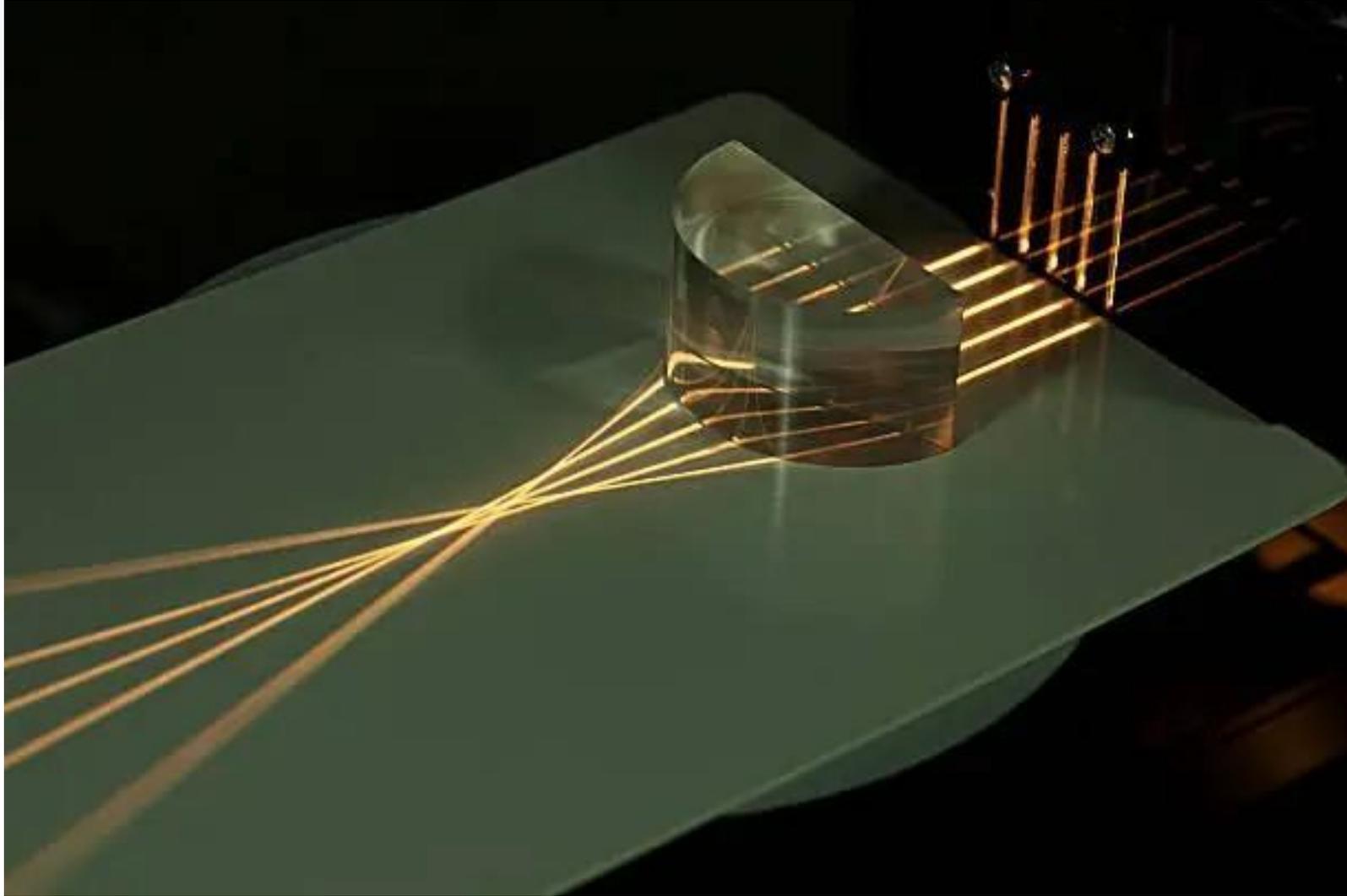
البعد البؤري وتصميم العدسة

تؤدي خصائص البعد البؤري أو اختلافات البعد البؤري في العدسات - القصيرة، الطويلة، المرنة، وما إلى ذلك - إلى تصميمات عدسات لتطبيقات مختلفة.

تم تصميم العدسات ذات الزاوية الواسعة بأطوال بؤرية أقصر ويتم استخدامها على نطاق واسع في الكاميرات، مما يتيح للمصورين دمج المزيد من البيئة في لقطة واحدة من خلال مجال الرؤية الأوسع الذي توفره الأطوال البؤرية القصيرة.

تصمم عدسات التكبير لتلبية احتياجات التصوير الفوتوغرافي التي تتطلب أطوال بؤرية أطول لتكبير الأشياء البعيدة. تعد عدسات التكبير موردًا لا يقدر بثمن في تصوير الحياة البرية. تساعدنا التطبيقات المماثلة أيضًا في فهم البعد البؤري في العدسات الفوتوغرافية.

اعتمادًا على الاستخدام، يتم أيضًا تصميم العدسات باستخدام عدسات ثابتة كما هو الحال في العدسات الأولية. تتميز هذه العدسة بتركيز أكبر مما ينتج صورًا أكثر وضوحًا ودقة في الألوان. تُستخدم على نطاق واسع من قبل المصورين في الهندسة المعمارية والرياضة وغيرها من الصناعات حيث يتم تقدير التفاصيل الدقيقة. تشمل الأشكال المختلفة للعدسات الأولية العدسات القياسية والعدسات المقربة والعدسات الأولية ذات الزاوية العريضة.



كيف يعمل البعد البؤري؟

عندما تمر أشعة الضوء عبر عدسة أو تنعكس عن مرآة، فإن البعد البؤري هو نقطة العدسة التي تتقارب فيها أشعة الضوء المتوازية. يؤثر البعد البؤري لكل عدسة على كيفية انحناء هذا الضوء وتركيزه لإنشاء صورة. وبالتالي، يرتبط البعد البؤري ارتباطًا جوهريًا بمبادئ الانكسار والتقارب أو التباعد لأشعة الضوء.

الانكسار هو سمة من سمات الضوء التي توضح قدرته على الانحناء أثناء انتقاله من وسط إلى آخر مثل الهواء إلى الماء أو الهواء إلى وسط زجاجي. تنحني أشعة الضوء أثناء عبورها وسطًا مختلفًا لأن السرعة التي ينحني بها الضوء في الهواء تختلف في الزجاج والماء. ويتضح هذا الاختلاف من خلال معامل الانكسار - نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعة وسط معين.

في العدسات البصرية، يحدث الانكسار عند المنحنيين - عند طرفي دخول وخروج العدسة. يتم تحديد درجة الانكسار من خلال شكل العدسة - مقعرة أو محدبة - ومن خلال معامل الانكسار للمادة.

البعد البؤري في التصوير الفوتوغرافي

يستخدم المصورون العدسات ذات الأطوال البؤرية الأقصر لإنتاج صور أكثر مبالغة وتغطية مجال رؤية أوسع. وتشمل التطبيقات الشائعة التصوير المعماري والوثائقي وتصوير المناظر الطبيعية. يتراوح البعد البؤري في العدسات ذات الزاوية الواسعة من ١٦ مم إلى ٣٥ مم.

تتميز العدسات المقربة بأطوال بؤرية أطول تتراوح بين ٨٥ مم و ٤٠٠ مم. يستخدم المصورون هذه العدسة لإنشاء مسافة بينهم وبين موضوعاتهم في التصوير الرياضي والحياة البرية وحفلات الزفاف. تُستخدم الأطوال البؤرية القياسية (حوالي ٥٠ مم) في جميع أنواع التصوير تقريبًا باستثناء الأنواع الخاصة بالعدسات. يشار إليها بالقياسية لأنها تساوي تقريبًا قيمة مجال الرؤية البشري - حوالي ٥٠ مم.

أطوال بؤرية قصيرة

توفر الأطوال البؤرية القصيرة مجال رؤية أوسع. وهي مثالية للتطبيقات التي تتطلب إنشاء صورة للأشياء ومحيطها. تتضمن التطبيقات الشائعة ما يلي:

تصوير

تتمتع العدسات ذات الزاوية الواسعة المستخدمة في التصوير الفوتوغرافي بأطوال بؤرية قصيرة لالتقاط مجال رؤية أوسع. وتُستخدم في التقاط المناظر الطبيعية والمباني والأشياء المرتبطة بالبيئة. وتُلتقط الصور الجماعية في وضع أفقي باستخدام العدسات ذات الزاوية الواسعة.

أطوال بؤرية طويلة

تعمل الأطوال البؤرية الأطول على تعزيز الأداء البصري من خلال تغطية مجال رؤية أصغر، مما ينتج صورًا بتفاصيل دقيقة للغاية عند تكبير أعلى ولكن بعمق مجال أقل. هذه الميزة الاستثنائية دالة البعد البؤري يمكن رؤية ذلك في تطبيقات العدسات التالية:

التصوير الفوتوغرافي - العدسات المقربة

تتمتع العدسات المقربة بطول بؤري أطول مقارنة بالعدسات ذات الزاوية الواسعة مما يسمح برؤية الأشياء البعيدة عن قرب. وهي مثالية للتصوير الرياضي والحياة البرية والتصوير السينمائي.

أولاً: مبادئ عمل العدسة في كاميرات DSLR

تستند العدسة في عملها إلى مبادئ الانكسار الضوئي وتجميع الأشعة، حيث تمرّ أشعة الضوء عبر عدّة عناصر زجاجية تتولى:

١. كسر الضوء (Refraction)

تغيير اتجاه الأشعة لاستخدامها في تكوين صورة واضحة على المستشعر.

٢. التركيز (Focusing)

تحريك عناصر داخلية لتجميع الأشعة بدقة في نقطة واحدة (البؤرة).

٣- التحكم بكمية الضوء (Exposure Control)

من خلال فتحة العدسة. (Aperture)

٤- التحكم بالانحرافات (Aberrations)

عبر استخدام مجموعات عدسية متطورة لتصحيح تشوّهات الصورة.

٥- القرب أو التكبير (Magnification)

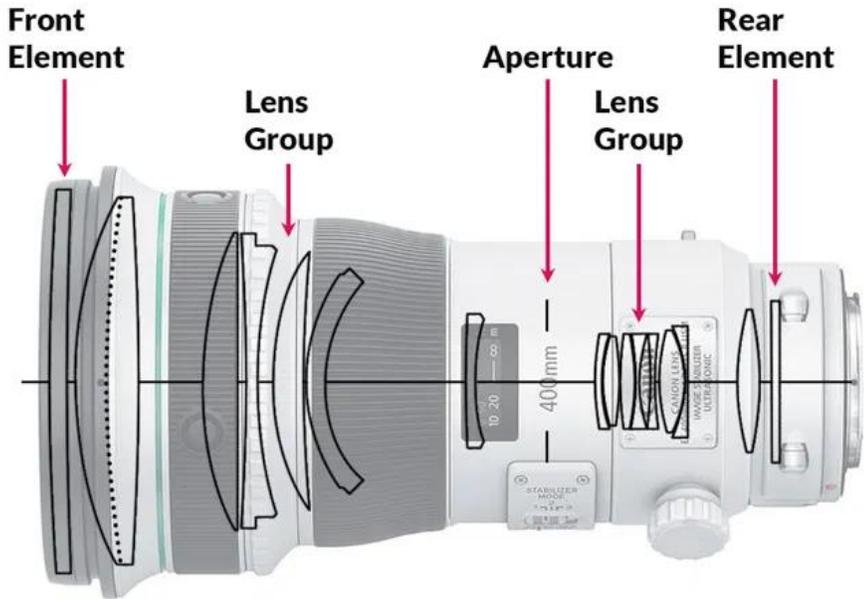
عبر طول بؤري محدّد ومجموعة عدسات مُصمّمة لتغيير زاوية الرؤية.

ثانياً: المكونات الأساسية لعدسات DSLR

1. العناصر البصرية (Optical Elements)

وهي عدسات زجاجية أو بلاستيكية خاصة تُرتب داخل هيكل العدسة. أنواع العناصر الأكثر شيوعاً:

- عدسات Aspherical لتقليل التشوه الكروي.
- عدسات ذات تشتت منخفض (ED – Extra-low Dispersion) لمنع التشتت اللوني.
- عدسات Fluorite لتحسين دقة اللون.
- عدسات محدّبة ومقعّرة لتجميع أو تفريق الأشعة.





2. مجموعة العدسات الداخلية (Lens Groups)

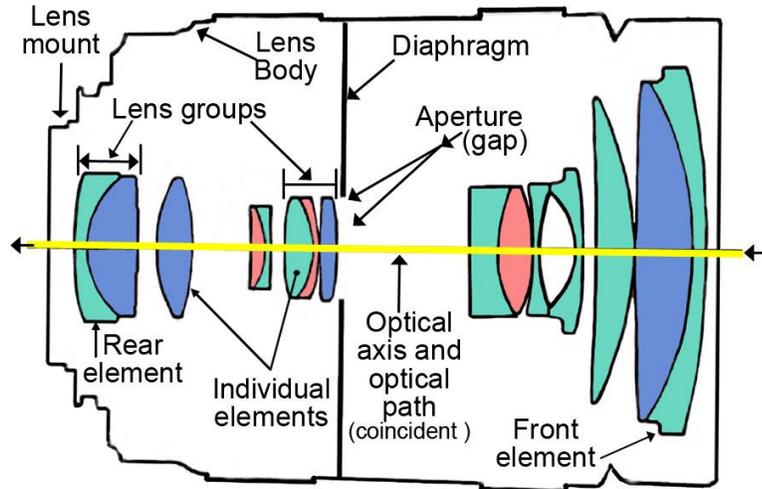
هي مجموعات تتحرك معاً أثناء التركيز أو التكبير— ووجود مجموعات متعددة يُحسّن السيطرة على الانحرافات.

3. فتحة العدسة (Aperture)

• مكوّنة من ريش معدنية دائرية.

• تتحكم بكمية الضوء والعمق الميداني (Depth of Field).

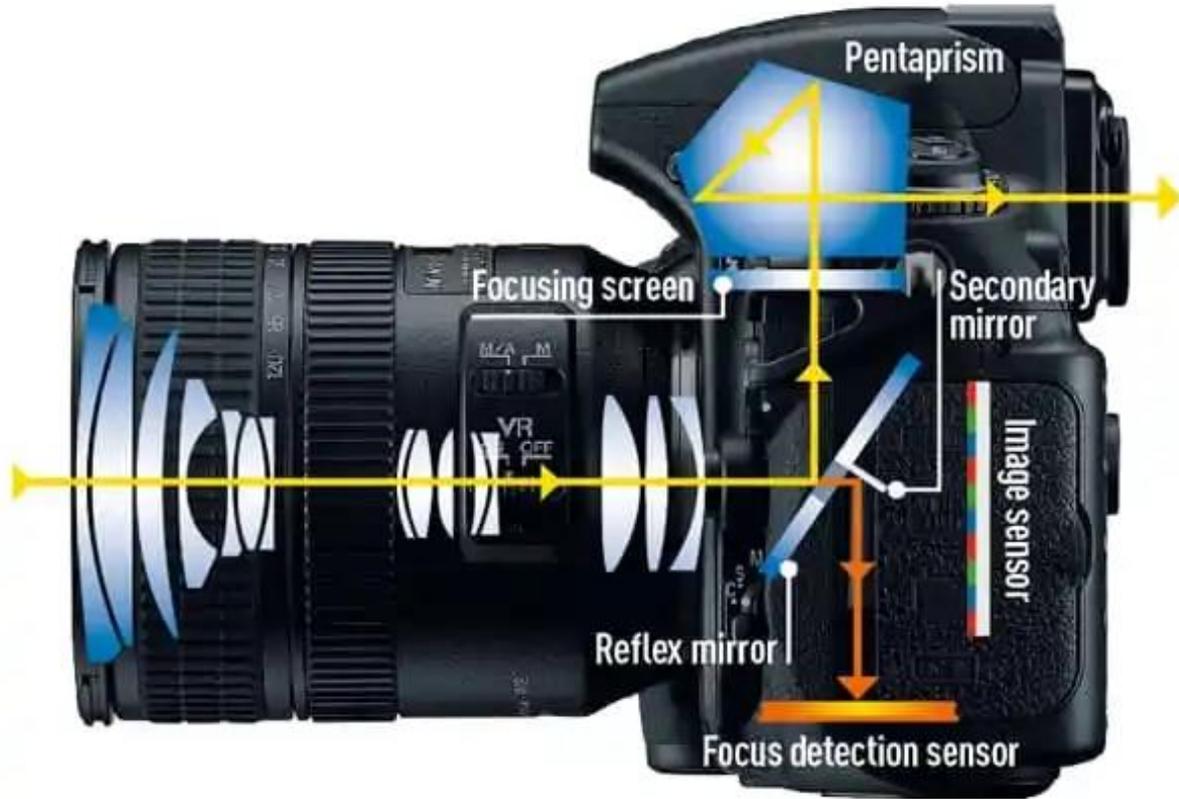
• يُقاس حجمها بـ (f-number) مثل (f/1.8 – f/8 – f/16).



Generalised photographic lens

4. آلية التركيز البؤري (Focusing System)

قد يكون:

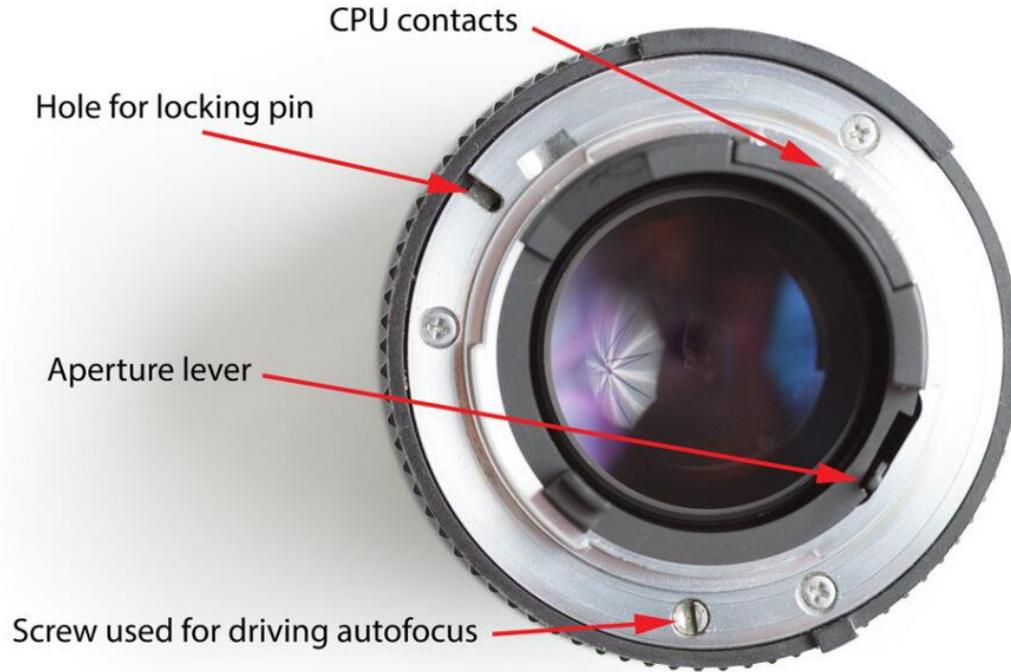


• يدوي (Manual Focus)

• أوتوماتيكي (Autofocus) باستخدام:

• محركات USM أو STM في Canon

• محركات SWM في Nikon



هيكل العدسة (Lens Barrel)

يتضمن:

- حلقة التكبير (Zoom ring)
- حلقة التركيز (Focus ring)
- مؤشرات المسافة
- نقاط التثبيت على الكاميرا (Mount)



Remove the Reflection Reduce the Glare

Inner barrel anti-reflective coatings to minimize the effects of stray reflections.



6. الطلاءات البصرية (Lens Coatings)

تستخدم لتقليل:

- الانعكاسات
 - توهج العدسة (Flare)
 - الأشباح (Ghosting)
- ومن أهم الطلاءات:

- Multi-Coating
- Nano Coating

أولاً: المتطلبات البصرية العامة للعدسات المستخدمة في طب الأسنان

2. انعدام التشوه (Minimal Distortion)

التشوه الهندسي (Barrel) أو (Pincushion) غير مقبول في الصور السريرية، لأنه يغيّر من نسب الأسنان والشفتين. لذلك:

- تُرفض العدسات واسعة الزاوية ($< 35\text{mm}$) في صور الوجوه والفم.
- تُفضّل عدسات البعد البؤري المتوسط $90-105\text{mm}$.

1. الجِدَّة (Sharpness)

يحتاج التصوير السني إلى عدسات ذات درجة عالية جداً من الوضوح، خصوصاً عند تصوير:

- الآفات الصغيرة
- الهوامش التاجية
- الأسطح الإطباقية
- التشققات

لهذا تُفضّل العدسات المتخصصة (مثل الماكرو) التي تُظهر أعلى مستويات الدقة.

التكبير (Magnification Ratio)

المعايير العالمية في طب الأسنان تعتمد تكبير 1:1 عند تصوير داخل الفم، وهو ما توفره عدسات الماكرو فقط.

4. عمق الميدان (Depth of Field)

يُعتبر قيمة حاسمة في الصور السريرية. عمق الميدان الكبير مهم من أجل:

• إظهار كامل السن بوضوح

• توثيق اللثة، الحليمات، والنسج الرخوة

• تصوير القواطع دون ضبابية في الحواف

وهذا يتحقق باستخدام:

• عدسات ماكرو

• فتحات ضيقة $f/18 - f/32$

• إضاءة فلاش حلقيّة أو مزدوجة لاعتماد الإضاءة العالية

ثالثاً: أنواع العدسات في كاميرات DSLR

الاستخدامات

• تصوير الأسنان والطب (لكونها حادة)

• البورتريه

• الإضاءة المنخفضة



1. عدسات البرايم (Prime Lenses)

الخصائص

• طول بؤري ثابت (مثل 35mm، 50mm، 85mm)

• عادةً ذات فتحة عدسة كبيرة (f/1.2 – f/1.8)

• جودة صورة عالية جداً



2. عدسات 50mm (Standard Prime) لماذا 50mm تحديداً؟

الأهمية في طب الأسنان

المفضلة لتصوير خارج الفم:

• الوجه بكامله

• الابتسامة

• تحليل نسب الوجه

• التوثيق الجمالي Facial Aesthetics

• لا تسبب تشوهات في نسب الوجه

• زاوية رؤية قريبة من العين البشرية

• جِدّة عالية

الأنواع المستخدمة

• (50mm f/1.8 اقتصادية)

• (50mm f/1.4 أعلى جودة وضوحاً وخلفية أكثر نعومة)

3. عدسات 85mm

تُستخدم لتصوير الوجه عند الحاجة إلى مسافة أطول أو عزل أقوى للخلفية.

مزاياها

- مثالية لتصوير الابتسامة
- تشوه أقل من العدسات الواسعة
- تُظهر نسب الوجه بدقة

عيوبها

- ليست مثالية لتصوير كامل الوجه في العيادات الضيقة
- لا تستخدم داخل الفم



1. عدسات الماكرو (Macro Lenses)

هي العدسة الرئيسية في كل بروتوكولات التصوير السني.

الخصائص

- نسبة تكبير 1:1
- أطوال بؤرية شائعة:
 - 100mm أو 105mm الأكثر استخداماً
 - 90mm (Tamron)
- جِدّة عالية جداً
- تشوّه بصري منخفض
- عمق ميدان مناسب للتصوير داخل الفم

© The-Digital-Picture.com



1. الاستخدامات السريرية

- صور داخل الفم Full Arch
- صور موضعية (أضراس، أعضاء مفردة)
- تصوير التركيبات والتيجان
- التوثيق قبل وبعد الفينير
- تصوير الخط الابتسامي
- أمثلة على عدسات مشهورة

© The-Digital-Picture.com



- Canon 100mm f/2.8L Macro IS
- Nikon 105mm f/2.8G VR Micro
- Tamron 90mm f/2.8 Macro
- Sigma 105mm Macro

العيوب

- غالباً فتحتها أصغر من عدسات البرايم
- احتمال وجود تشوّهات بصرية أكثر

2. عدسات الزوم (Zoom Lenses)

الخصائص

- طول بؤري متغيّر (24–70mm) ، (70–200mm)
- مرونة عالية في العمل

الأنواع

- Standard zoom مثل 24–70mm
- Telephoto zoom مثل 70–200mm
- Wide zoom مثل 10–24mm



4. عدسات ٢٤-٧٠mm

الاستخدام في طب الأسنان

- تصوير بيئة العيادة
- تصوير المحاضرات والعمليات
- تصوير أدوات أو إجراءات خارج الفم

عيوبها

- ليست مناسبة للصور السريرية الرئيسية
- تشوّه عند الأطوال القصيرة (wide)

4. عدسات الزاوية الواسعة (Wide-Angle Lenses)

الخصائص

- طول بؤري أقل من 35mm
- زاوية رؤية واسعة

الاستعمالات

- تصوير المناظر
- تصوير الأماكن الضيقة
- توثيق بيئة العمل في العيادة





5. عدسات عين السمكة (Fisheye Lenses)

الخصائص

- زاوية رؤية تصل إلى ١٨٠°
- تأثير تشويهي فني

الاستعمالات

- تطبيقات هندسية
- تصوير معماري خاص
- تأثيرات فنية

6. عدسات التليفوتو (Telephoto Lenses)

الخصائص

• أطوال بؤرية طويلة: ١٠٠-٦٠٠ mm

• تقرب الأجسام البعيدة

الاستعمالات

• الرياضة

• الحياة البرية

• تصوير الوجه من مسافات طويلة بدون تشويه



7. عدسات Tilt-Shift

الخصائص

- إمكانية إزاحة أو إمالة العدسة
- تستخدم للتحكم بمنظور الصورة

الاستعمالات

- تصوير معماري
- التصوير العلمي الذي يحتاج إلى تصحيح المنظور
- تصوير الأسنان في الدراسات المعملية



3. الطلاءات

تقلل الانعكاسات وتزيد التباين.

4. مواد التصنيع

- زجاج منخفض التشتيت
- هيكل من المغنيسيوم أو الألومينيوم

5. نظام التركيز

سرعة ودقة النظام تؤثر بشكل كبير على جودة العمل، خاصة في الصور الطبية.

رابعاً: العوامل المؤثرة في جودة العدسة

1. عدد العناصر وتصحيح الانحرافات

كلما كان التصميم البصري معقداً ومزوداً بعناصر تصحيحية، ارتفعت جودة الصورة.

2. فتحة العدسة

- الفتحات الواسعة تسمح بضوء أكثر وجودة أكبر.
- لكنها أيضاً تتسبب بانحرافات بصرية عند استخدامها على أقصى اتساع.

خامساً: اختيار العدسة المناسبة للتصوير الطبي وطب الأسنان

العدسات الموصى بها

١. عدسات الماكرو ١.٠-١.٥ mm

. للمشاهد داخل الفم

. للحصول على تكبير ١:١

. أفضل جودة ممكنة للوثائق السريرية

١. عدسة ٥٠ Macro mm

. للتوثيق الخارجي للوجه

. تحافظ على نسب الوجه الطبيعية

٢. عدسات ٢٤-٧٠ mm

. للتوثيق العام

. لقطات العيادة أو المعدات

ملاحظة تأثير جودة العدسة قد يفوق تأثير جودة جسم الكاميرا
نفسه في التصوير الطبي.

ثالثاً: البروتوكولات السريرية لاختيار العدسة حسب نوع الصورة

1. صور الوجه (Extraoral Portraits) الإعدادات:

العدسات الموصى بها:

f/8 – f/11 .

50mm .

مسافة ١ – ١,٥ متر .

85mm .

إضاءة softbox أو ring flash

100mm .

2. صور الابتسامة (Smile)

الموصى به:

• 85mm

• 100mm

الإعدادات:

• f/10 – f/16

• ISO منخفض

• إضاءة ناعمة

3. صور داخل الفم (Intraoral)

العدسة الوحيدة الموصى بها عالمياً:

عدسة ماكرو ٩٠-١٠٥ mm

الإعدادات:

• f/22 – f/32

• فلاش حلقي أو توأمي

• نسبة تكبير ١:١

رابعاً: مشكلات شائعة وحلولها في التصوير السني

1. ضبابية الحواف

السبب: فتحة عدسة واسعة مثل $f/5.6$

الحل: استخدام $f/22$ على الأقل.

2. تشوه الأسنان أو الوجه

السبب: استخدام عدسات Wide مثل ١٨-٥٥ mm

الحل: استخدام ١٠٠ mm في الفم و ٥٠ mm للوجه.

3. انعكاسات لامعة على الأسنان

الحل:

- استخدام فلاش مزدوج بدلاً من الحلقي
- تغيير زاوية الفلاش
- استعمال مشتتات (diffusers)

4. ألوان غير طبيعية

السبب: الضوء المختلط أو White Balance خاطئ

الحل:

- ضبط Kelvin بين 5500-6000K
- أو استخدام بطاقة رمادية Gray Card

سادساً: الخلاصة

تعمل العدسات في كاميرات DSLR وفق مبادئ انكسار الضوء والتحكم بالبوّرة والتكبير، وتتنوّع تبعاً لطولها البؤري وفتحة عدستها وتصميمها البصري لتناسب مجالات مختلفة تشمل التصوير الطبي، الصحفي، الفني، والمعماري. فهم هذه الأنواع والمكوّنات هو حجر الأساس لإتقان التصوير الفني والعلمي على حد سواء.

ملاحظة: المراجع التالية هي مصادر أكاديمية وعلمية موثوقة تُستخدم في تدريس التصوير الضوئي والبصري، وفي فهم العدسات وتقنيات DSLR.

١. Ray, Sidney F. *Applied Photographic Optics*. Focal Press, 2015.
٢. Langford, Michael, et al. *Langford's Basic Photography*. Routledge, 2017.
٣. London, Barbara, and Jim Stone. *A Short Course in Photography: Digital*. Pearson, 2018.
٤. Young, Andrew. *Physics of Digital Photography*. Morgan & Claypool Publishers, 2020.
٥. Hunter, Fil, Steven Biver, and Paul Fuqua. *Light: Science & Magic*. Focal Press, 2012.
٦. Nikon Corporation. *Nikkor Lens Technology Overview*. Technical Publications, 2020.
٧. Canon Inc. *EF Lens Work III: The Eyes of EOS*. Canon Technical Guides, 2014.
٨. Hedgecoe, John. *The New Manual of Photography*. DK Publishing, 2003.
٩. Stroebel, Leslie, et al. *Basic Photographic Materials and Processes*. Focal Press, 2011.

شكرا لحسن إصفاائكم