مثلث التعريض الضوئي

المفهوم، المكوّنات، المبادئ الفيزيائية، والتطبيقات العملية

مقدمة

يُعدّ التحكم بالتعريض الضوئي Exposure من أهم مهارات المصور، سواء في الفن، أو الإعلام، أو التصوير الطبي وطب الأسنان. يعتمد التعريض على ثلاث قيم تقنية تعمل معاً بشكل متوازن لتحديد كمية الضوء الواصلة إلى مستشعر الكاميرا، هي **فتحة العدسة(Aperture)** ، **سرعة الغالق(Shutter Speed)** ، و**حساسية المستشعر** .**(ISO)** يُطلق على هذه العناصر معاً "مثلث التعريض" لأنها مترابطة، وأي تغيير في أحدها يستوجب تغييراً معاكساً في الآخر للحفاظ على نفس التعريض.

أولاً: تعريف مثلث التعريض الضوئي

يمثل مثلث التعريض نموذجًا تشغيليا يوضح كيف تعمل **فتحة العدسة**، **سرعة الغالق**، والـISOامعًا للتحكم في:

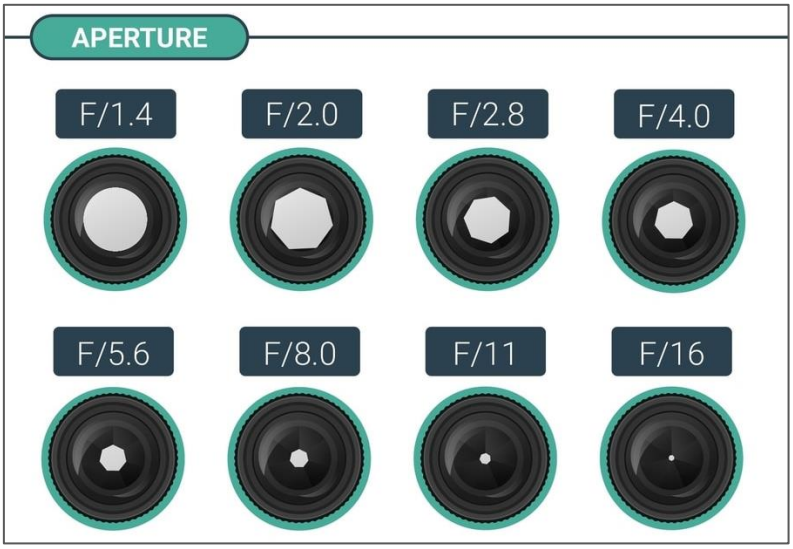
- كمية الضوء
- جودة الصورة
- الحدة
- عمق الميدان
- الضوضاء الرقمية
- تجميد الحركة أو طمسها

يشبه التفاعل بينها نظاماً ديناميًا؛ زيادة عنصر واحد تفرض تعويضاً في عنصرين آخرين.

ثانياً: العنصر الأول — فتحة العدسة(Aperture / f-stop)

1. التعريف

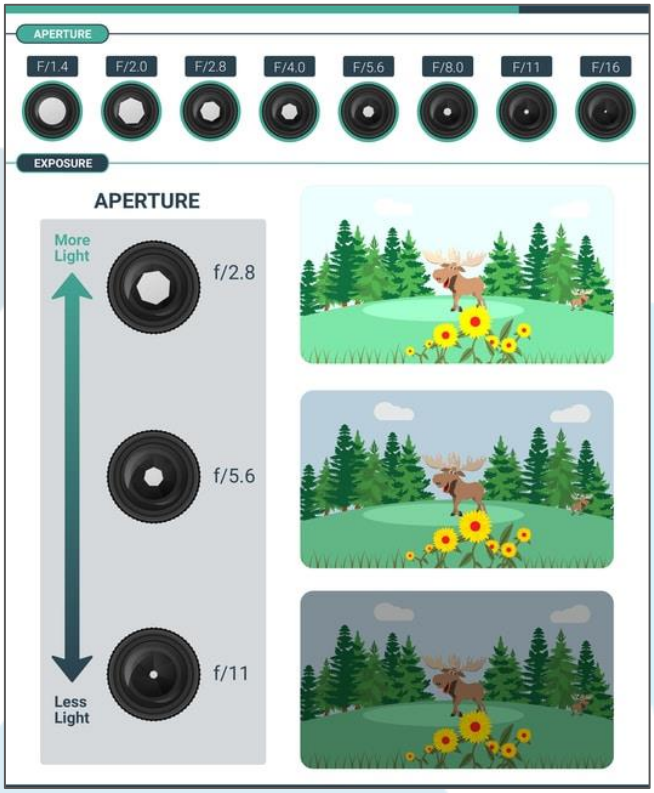
هي فتحة دائرية ضمن العدسة تحدد مقدار الضوء المسموح بدخوله. يُقاس حجمها برقم f مثل f/2.8 ، f/8، .(f/22



الشكل (1): العلاقة بين الرقم F ومقدار فتحة العدسة

2. العلاقة الفيزيائية

- كلما **صغُر رقم f ⟵ اتسعت الفتحة** ⟵ دخل ضوء أكثر.
- كلما **كبر رقم f ⟵ ضاقت الفتحة** ⟵ قل الضوء الداخل.



الشكل (2): تأثير تغيير فتحة العدسة على إضاءة الصورة

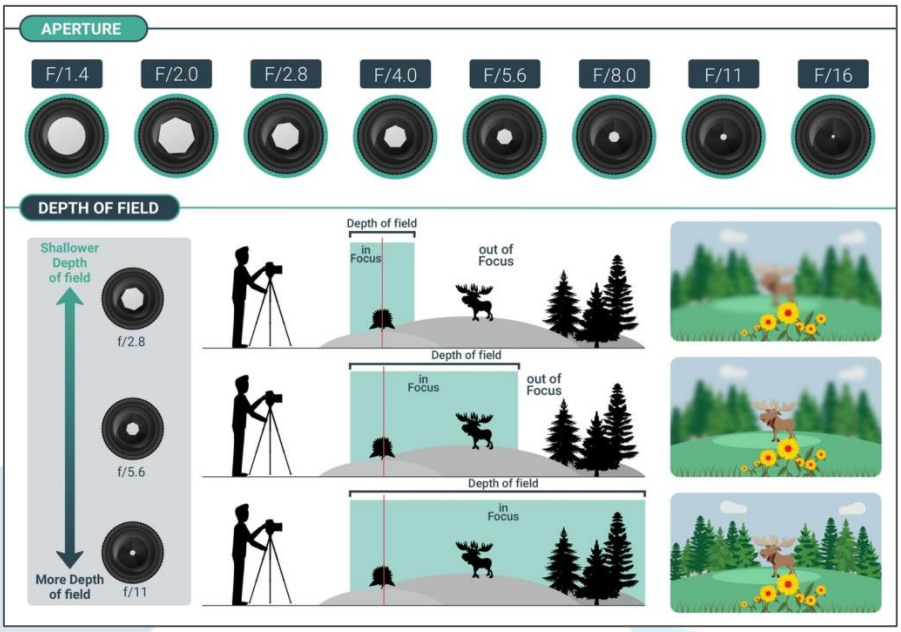
تتحكم الفتحة أيضاً بـ:

(أ) عمق الميدان(Depth of Field)

عامل جوهري في التصوير الطبي

استخدام في طب الأسنان عمق ميدان رقمf

غير مناسب	ضحل جداً	f/2.8
صور الوجه	متوسط	f/8
الصور داخل الفم	كبير	f/22–f/32



:

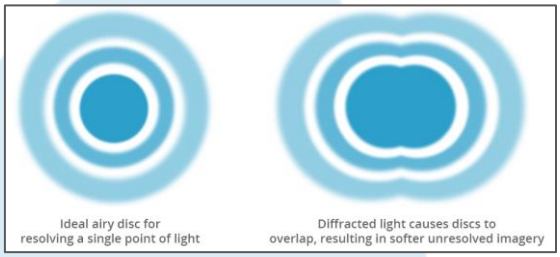
الشكل (3): تأثير تغيير فتحة العدسة على عمق الميدان

(ب) حدة الصورة

فتحات العدسة المتوسطة (f/8–f/11) تمنح أعلى حدة بصرية في معظم العدسات.

(ج) تأثيرات التشتت والانحراف

كلما ضاقت الفتحة، زاد الانحراف الانكساري المطلوب ضبطه للحصول على حدة مناسبة.



الشكل (4): تأثير الانحراف الانكساري

ثالثاً: العنصر الثاني — سرعة الغالق(Shutter Speed)

1. التعريف

هي المدة الزمنية التي يبقى فيها الغالق مفتوحًا للسماح بدخول الضوء إلى المستشعر.

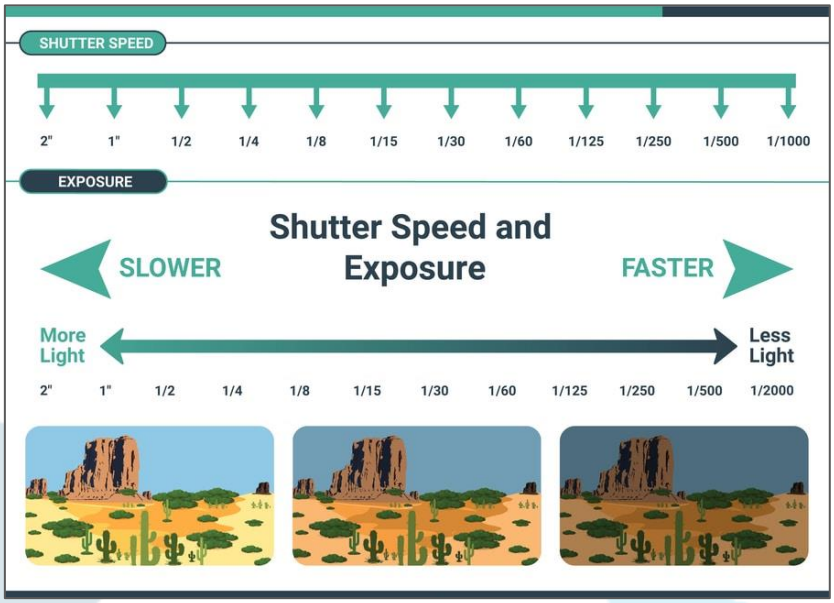
يُقاس بالثواني أو الكسور(1/50 ، 125/1، 1000/1).

2. الوظائف الأساسية

(أ) التحكم بكمية الضوء

سرعات بطيئة ⟶ ضوء أكثر

سرعات سريعة ⟶ ضوء أقل



الشكل (5): تأثير سرعة الغالق على إضاءة الصورة

(ب) تجميد الحركة أو طمسها

الاستخدام	التأثير	سرعة الغالق
تصوير الحركة السريعة	تجميد تام للحركة	1/2000
صور عامة	تصوير يومي عادي	1/125
تصوير فني	طمس الحركة	< 1/60

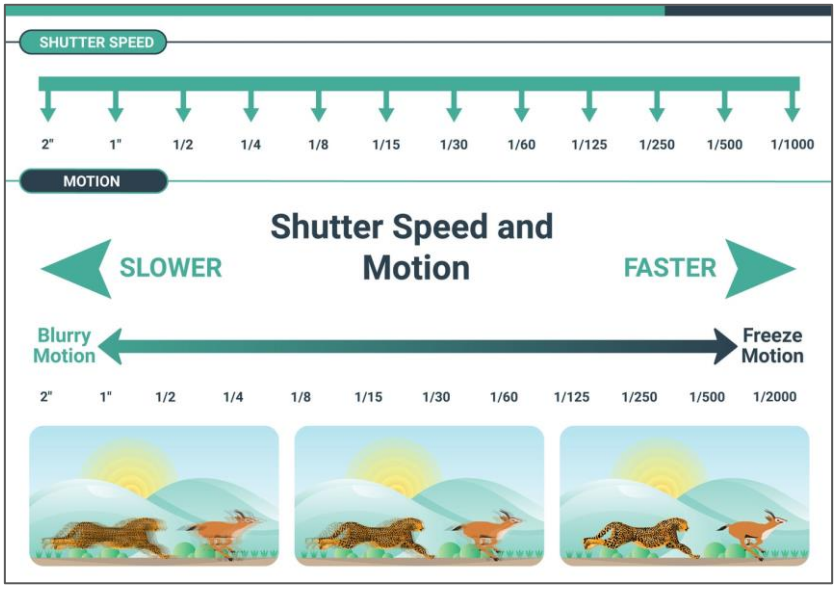
(ج) ثبات الكاميرا

تحت 80/1 قد يحدث اهتزاز بدون استخدام حامل ثلاثي.

في التصوير السني

عند استخدام **فلاش حلقي أو توأمي**، تُضبط السرعة عادة على:

- **1/125 – 1/200** (سرعة التزامن مع الفلاش)



الشكل (6): تأثير سرعة الغالق على تجميد الصورة

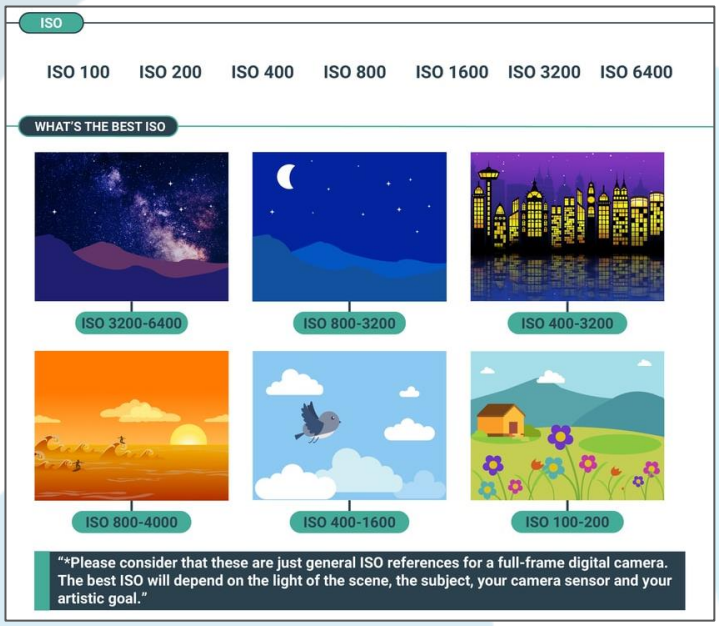
رابعاً: العنصر الثالث — حساسية المستشعر ISO

1. التعريف

رقم يعبّر عن مدى حساسية المستشعر للضوء. أمثلة: 100 – 200 – 400 – 800 – 1600 – 3200

2. العلاقة الفيزيائية

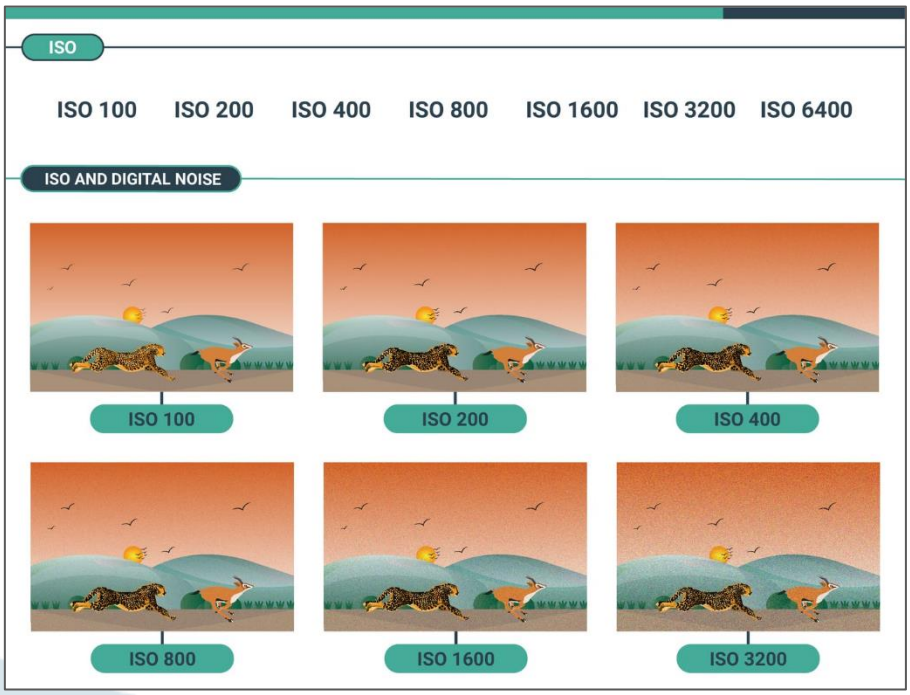
- كلما ارتفع ISO ⟵ زادت الحساسية ⟵ يمكن التصوير في الإضاءة الضعيفة
- لكن يرتفع معه **الضجيج(Noise)**



الشكل (7): قيم الـ ISO المناسبة للظروف المختلفة في التصوير

3.تأثير ISO في جودة الصورة

- ISOمنخفض (100–200): أعلى جودة، أقل تشويش
- ISOمرتفع :(1600<) زيادة في التحبّب وفقدان التفاصيل



الشكل (8): ظهور الضجيج Noise وتزايده بشكل متزامن مع زيادة قيمة حساسية المستشعر للضوء

4في التصوير الطبي وطب الأسنان

القاعدة الذهبية:

استخدم أقل ISO ممكن، غالباً100 ISO

لأن زيادة ISO قد:

- تقلل وضوح الميناء
- تشوه اللون
- تغيّر نسب الدرجات الجمالية للأسنان
- تخفي خطوط الكسر الدقيقة

خامساً: العلاقة بين عناصر مثلث التعريض

1.كيف تتفاعل العناصر؟

مثال:

- إذا زدت فتحة العدسة) من f/16 إلى(f/8 ، يدخل ضوء أكثر.
- لتعويض ذلك، يجب تقليل ISO أو زيادة سرعة الغالق.

2.خطوات ضبط التعريض(Exposure Calculation)

مثال عملي:

صورة عند:

- f/22
- 1/160
- ISO 100

إذا أردت استخدام) f/16 زيادة ضوء بمقدار 1(stop ، يجب:

- رفع سرعة الغالق إلى 320/1 أو
- تخفيض ISO لغاية 50 (إن توفّر)

سادساً: مثلث التعريض في التصوير الطبي وطب الأسنان

1.صور الوجه(Extraoral Portraits)

الإعدادات القياسية:

- f/8–f/11
- 1/125
- ISO 100
- Softboxأو إضاءة مستمرة

الشكل (9): صور خارج فموية قبل وبعد العلاج

2. ابتسامةSmiling Portrait

الإعدادات:

- f/10–f/14
- 1/125
- ISO 100

الشكل (10): صور ابتسامة قبل وبعد العلاج

3. صور داخل الفم(Intraoral)

الإعدادات القياسية عالمياً:

- f/22–f/32
- 1/160
- ISO 100
- فلاش حلقي أوTwin Flash

الشكل (11): صور داخل فموية أمامية وجانبية

لماذا فتحة ضيقة؟ لزيادة عمق الميدان وللحفاظ على وضوح جميع الأسنان الأمامية والخلفية.

سابعاً: الأخطاء الشائعة في إدارة مثلث التعريض

1. استخدام ISO مرتفع في الصور السريرية

الضرر:

- ضجيج عالي
- فقدان تفاصيل دقيقة
- تشويه لون الأسنان

2. استخدام فتحة عدسة واسعة داخل الفم

الضرر:

- ضبابية في الأطراف
- صور غير قابلة للاستخدام الأكاديمي

3. سرعات غالق خاطئة

مثلا: 40/1 عند تصوير خارج الفم

⟵احتمال ظهور اهتزازات

4تجاهل التعويض(Exposure Compensation)

عند تغيير أي عنصر دون ضبط البقية.

ثامناً: العلاقة بين التعريض واللون

1التعريض الزائدOverexposure

الأضرار:

- حرق التفاصيل(Highlight clipping)
- فقدان شكل الحواف
- تغيّر لون النسج الرخوة

2. التعريض الناقصUnderexposure

الأضرار:

- ضجيج عالي أثناء رفع الإضاءة لاحقاً
- لون مزرق وغير طبيعي
- فقدان المعلومات في الظلال

تاسعاً: أدوات مساعدة للتحكم بالExposure

1. Histogram

أداة أساسية لفحص توزع الإضاءة.

في التصوير السني، يجب أن يكون:

- منحنى ممتداً دون حرق
- غير محصور في جهة اليمين أو اليسار

2. فلاشاتTTL vs Manual

اليدوي أفضل للتصوير الطبي لضمان ثبات التعريض.

3.بطاقات معايرة اللونColor Checker

تستخدم لضبط:

- White balance
- توحيدtonal values

عاشراً: الخلاصة

يمثّل مثلث التعريض أحد أهم المفاهيم الأساسية في التصوير الضوئي، إذ يحدد جودة الصورة النهائية من حيث الإضاءة، والحدة، والعمق، والضجيج، والثبات. ولأن التصوير في طب الأسنان يعتمد على الدقة والانضباط والتكرارية، فإن التحكم الصحيح بمثلث التعريض يُعد شرطاً أساسياً للحصول على صور سريرية قابلة للقياس، والتحليل، والعرض الأكاديمي.

المراجع

1. Ray, Sidney F. *Applied Photographic Optics*. Focal Press, 2015.
2. London, Barbara & Stone, Jim. *A Short Course in Photography*. Pearson, 2018.
3. Ahmad, Irfan. *Digital Dental Photography: A Clinical Manual*. Wiley-Blackwell, 2009.
4. Hunter, Fil et al. *Light: Science and Magic*. Focal Press, 2012.
5. American Academy of Cosmetic Dentistry (AACD). *Photography Protocols*, 2018.
6. Hedgecoe, John. *The New Manual of Photography*. DK Publishing, 2003.