



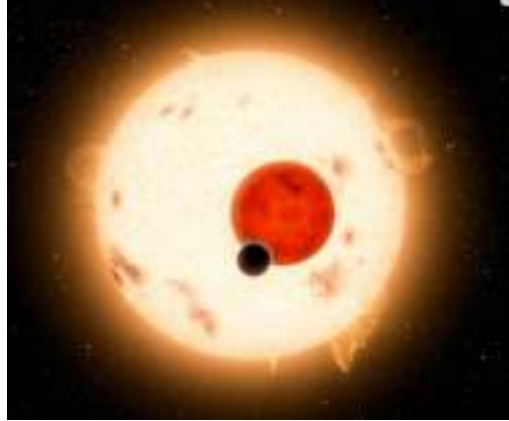
لغز

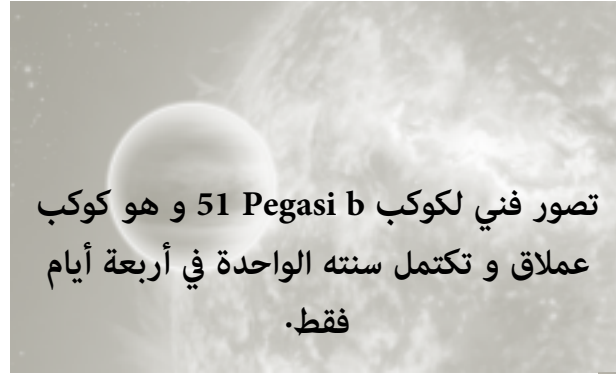


أي صورة من هذه  
الصور تمثل  
كوكبا من كواكب  
المجموعة الشمسية؟

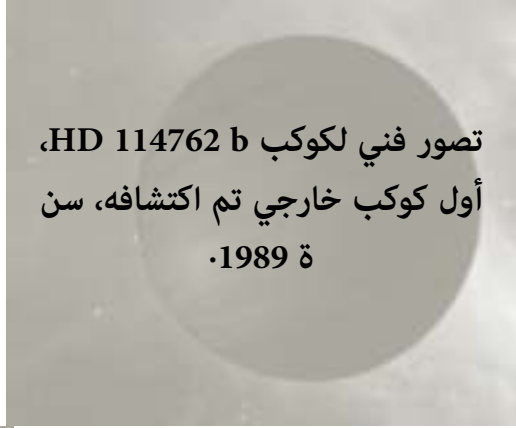


الإجابات تجدها في  
الصفحة الموالية






تصور فني لكوكب 51 Pegasi b و هو كوكب  
عملاق و تكتمل سنته الواحدة في أربعة أيام  
فقط.




تصور فني لكوكب HD 114762 b،  
أول كوكب خارجي تم اكتشافه، سن  
ة 1989.



صورة لكوكب المشتري ملتقطة عن طريق  
مركبة جونو المدارية و معالجة من قبل العالم  
ديفيد ماريوت.

NASA / JPL-Caltech / SwRI / MSSS /  
Marriott



تصور فني لكوكب Kepler-16b،  
وهو كوكب يدور حول نجم ثنائي.

# الكون في جُعبتي، الكتيب رقم 08

ألف هذا الكتيب سنة 2019 من قبل جان شنايدر (Jean Schneider) و  
وغرازيينا ستاشينسكا (Grażyna Stasińska) من مرصد باريس بفرنسا.

صورة الغلاف: توضح هذه الصورة فكرة مفادها أن العوالم الصخرية من  
الممكن أن تكون موجودة بشكل كبير و متنوع للغاية في الكون (حقوق  
الصورة JPL). جميع صور الكواكب الخارجية و الأقمار الصناعية الموجودة  
في هذا الكتيب عبارة عن صور تخيلية.

حقوق الصور: وكالة الفضاء الأمريكية ناسا، وكالة الفضاء الأوروبية ESA،  
والمرصد الأوربي الجنوبي ESO.

ترجمة دراجي فراح  
من فريق أبودار  
جمعية الشعري لعلم  
الفلك

لمعرفة المزيد حول  
هذه السلسلة وعن  
الموضوعات  
المعروضة في هذا  
الكتيب ، يرجى  
زيارة الموقع:



<http://www.tuimp.org>

TUIMP Creative Commons



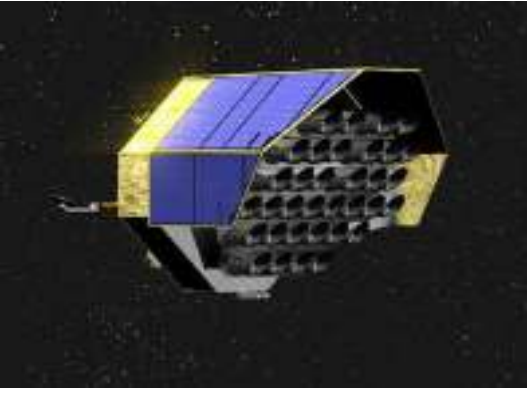
## في المستقبل

خلال السنوات العشر القادمة، ستعمل تلسكوبات قطرها من 30 إلى 40 متر على اكتشاف الكواكب الخارجية من على سطح الأرض عن طريق التصوير وتغيرات سرعة النجوم. أما فيما يخص التلسكوبات الفضائية التي يندرج ضمنها كل من JWST، Cheops، Plato و Ariel فسيتم إطلاقها للكشف عن الكواكب الخارجية باستعمال طريقة العبور. بحيث سيقوم تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST) بالتصوير المباشر.

حاليا، تقوم وكالة ناسا بالعمل على تصميم تلسكوبات فضائية كبيرة يتراوح قطرها ما بين 8 إلى 18 متر (مثل: Habex، LUVOIR) بحلول سنة 2050 وسيكون الغرض منها البحث عن علامات الحياة في الكواكب الخارجية.

في المستقبل البعيد، ستقوم مقاييس التداخل الفضائية الضخمة برسم خرائط مفصلة للكواكب. ومن المحتمل، إطلاق مركبات بين نجمية نحو أقرب الكواكب الخارجية لالتقاط صور عن قرب. يعمل المهندسون حاليا على تقنيات دفع للوصول إلى أهداف بعيدة.

سيتم إطلاق صياد الكواكب الخارجية  
المستقبلي بلاتو (Plato: PLANetary  
(Transits and Oscillations of stars  
سنة 2026. وستكون مهمته مراقبة مئات  
الآلاف من النجوم، والبحث عن الكواكب  
باستخدام تقنية العبور.



تصور فني عن التلسكوب الأوروبي العملاق  
(European Extremely Large Telescope)  
المستقبلي، الذي سيباشر عمله بالشيلى سنة  
2025. سيقوم هذا التلسكوب بجمع الضوء  
أكثر بـ13 مرة من أكبر التلسكوبات الموجودة  
حاليا وسيقوم أيضا



بإنتاج صور أكثر وضوحا بمقدار 16 مرة من تلك التي التقطها تلسكوب هابل  
الفضائي.

يتمثل مشروع التلسكوب الضخم المقترح  
من طرف أ. لابييري (A. Labeyrie). في  
مقياس تداخل مستقبلي كبير جدا يوضع  
في الفضاء ويقوم برسم خرائط للكواكب  
الخارجية بدقة تصل الى 100 متر.



## التعددية الكونية

اعتباراً من سنة 2019، تم تأكيد وجود أكثر من 4000 كوكب، في حين يبقى أكثر من 3000 كوكب آخر قيد التأكيد.

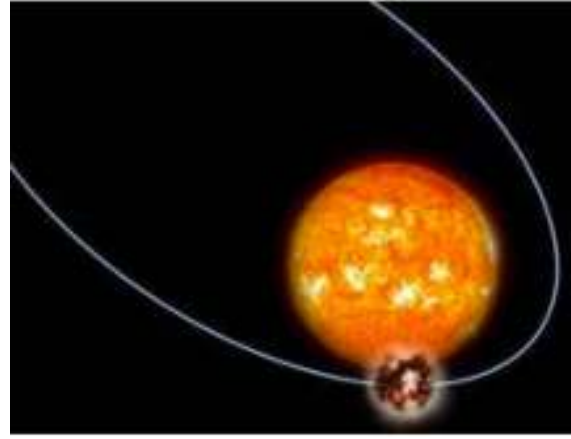
تم اكتشاف العديد من الكواكب الغريبة التي لا يوجد مثل لها ضمن نظامنا الشمسي:

- كواكب ذات درجات حرارة تفوق 1000 درجة مئوية، وتدور حول نجمها في بضعة أيام فقط (مقارنة بدوران الأرض حول الشمس في سنة واحدة).
- كواكب متبخرة.
- كواكب حجمها ضعف حجم الأرض، تصنف على أنها أرض فائقة (Super-Earths)، ذات درجات الحرارة القصوى (100- درجة مئوية في فصل الشتاء، +100 درجة مئوية في الصيف).
- كواكب تدور حول نجم ثنائي.
- مجموعة من الكواكب التي تدور في مدار قريب جداً من نجمها.

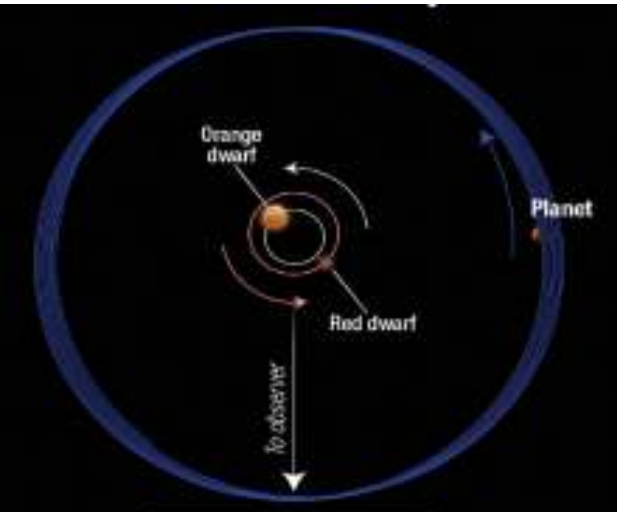
صورة تخيلية (بدون مقياس)  
لكوكب كوروت 7 ب الفائق  
Super-Earth CoRoT-7)  
(b) الحار جدا.



تصور فني من تأليف G. Thimm  
لكوكب كيبلر 432 ب (Kepler-  
432b)، ومداره الدائري الكبير  
للغاية والذي ينتج عنه فصول  
قاسية.



كوكب كيبلر 413 ب (Kepler-  
413b)، والذي يدور حول نجم  
ثنائي مكون من: نجم برتقالي  
وأخر أحمر.



## نبذة تاريخية عن اكتشاف الكواكب

تم اكتشاف أولى الكواكب الخارجية من على الأرض عن طريق التحليل الطيفي عالي الدقة باستخدام طريقة **السرعة الشعاعية**. كوكب HD114762 b هو أول كوكب اكتشف سنة 1989. و في عام 1992، تم العثور على 3 كواكب أخرى تدور حول نجم نابض (pulsar). ومن ثم ارتفع عدد الاكتشافات، إلى أن وصلت سنة 2019 إلى أكثر من 800 كوكب و600 نظام متعدد الكواكب باستخدام نفس الطريقة.

في سنة 2006، تم إطلاق القمر الصناعي الفرنسي كوروت (CoRoT) التابع لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، الذي تلاه التلسكوب الفضائي كيبلر (Kepler) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا. حيث يستخدم كلاهما طريقة العبور. فقد كان كوروت أول من اكتشف كوكبا خارجيا صخريا. في حين اكتشف كيبلر الألاف من الكواكب.

تم العثور على 90 كوكب باستخدام طريقة العدسات الميكروسكوبية، و100 كوكب عن طريق التصوير المباشر من الأرض.

سيوفر المرصد الفضائي الأوروبي غايا **القياس الفلكي والحركات المضبوطة** لأكثر من مليار نجم. كما يفترض أن يكتشف الألاف من الكواكب الخارجية الأخرى.



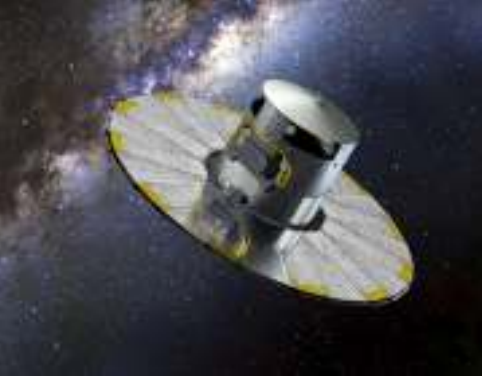
إكتشف القمر الصناعي كوروت  
(CoRoT) 36 كوكبا خارجيا. في حين  
بقي 600 كوكبا في انتظار التأكيد.



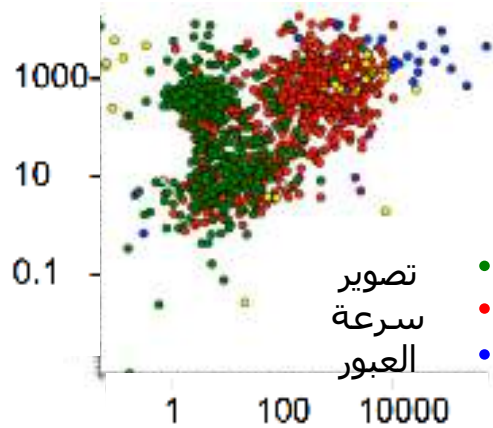
رصدت مهمة كيبلر 530 ألف  
نجم، واكتشفت 2500 كوكبا  
خارجيا حتى الآن. في حين بقي  
2500 كوكبا آخر في انتظار التأكيد.



تم إطلاق المرصد الفضائي الأوروبي غايا  
(Gaia) سنة 2013، و الذي سيعمل إلى  
غاية 2022. سوف يقوم غايا بدراسة  
موقع و حركة أكثر من مليار نجم بدقة  
رائعة.



الكتل (مقارنة بالأرض) مقابل طول  
السنة (بالأيام الأرضية) لكل الكواكب  
الخارجية المعروفة ابتداء من فيفري  
2019 (المعطيات مأخوذة من موقع  
(exoplanet.eu).



## الطرق المباشرة لاكتشاف الكواكب

تكمّن صعوبة اكتشاف الكواكب الخارجية بطريقة مباشرة، في كونها صغيرة ومعتمة، بالإضافة إلى أنها قريبة من نجومها، التي تكون مشعة أكثر منها بحوالي 10 ملايين مرة، كأقل تقدير. وبالتالي، نحتاج إلى حجب النجم بعناية بواسطة تقنية تسمى مرسام الإكليل (coronagraphy).

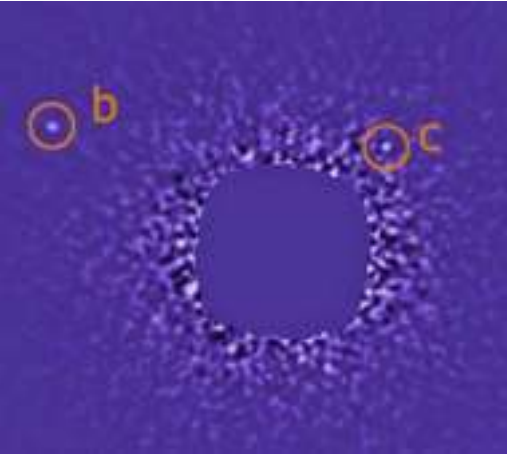
تكون نتائج الطرق المباشرة، في حال إمكانيتها، مثمرة للغاية، فمن خلال تجميع العديد من الصور يمكننا تحديد المدار الكامل للكوكب.

ونستطيع عن طريق التحليل الطيفي للكوكب، الكشف عن التركيب الجزيئي لغلافه الجوي، وكذلك معرفة طبيعة المناخ والطقس على سطحه.

المراقبة الضوئية للكوكب تسمح بمعرفة مدة دورانه والتي تمثل طول يومه.

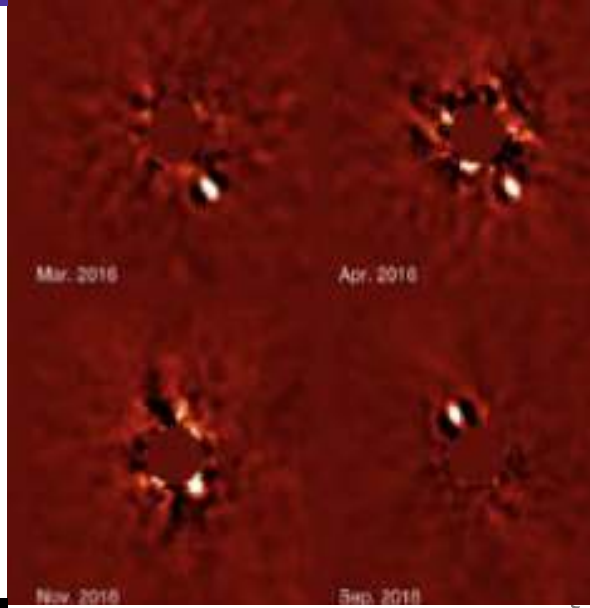
و مع ذلك، فلا يمكن معرفة حجم وكتلة الكوكب، إلا بالطرق غير المباشرة.

اكتُشِف سنة 2008، كوكبان يدوران حول نجم HR 8799، باستخدام مرسام الإكليل (Coronagraphy) في الأشعة تحت الحمراء، بواسطة تلسكوب جيميني الشمالي (Gemini North) المتواجد في هاواي.



مجموعة من الصور التقطت بواسطة التلسكوب الكبير جدا للمرصد الأوروبي الجنوبي (ESO) في شيلي. ال تي تظهر حركة الكوكب بيتا الرسام ب (Beta Pictoris b) و هو يدور حول نجمه.

تصوير: Lagrange et al



أول صورة التقطت لكوكب خارج المجموعة الشمسية بواسطة المرصد الأوروبي الجنوبي (ESO VLT) سنة 2004، الذي يدور حول نجم قزم بني 2M1207، وهو نجم خافت منخفض الكتلة، يظهر هذا الأخير في الصورة باللون الأبيض.

تصوير: Chauvin et al

# الطرق غير المباشرة لاكتشاف الكواكب الخارجية

إعتمدت الإكتشافات الأولى للكواكب الخارجية على الآثار التي يحدثها الكوكب على نجمه (أنظر الصفحة المقابلة) مما سمح باستنتاج خصائص عديدة للكواكب.

- من خلال **الأساليب الديناميكية**، وعن طريق دراسة تغيرات **السرعة الشعاعية** للنجم، نتحصل على كتلة ومركزية مدار النجم ودوره وكذا الحد الأدنى لكتلة الكوكب الذي يدور حوله. ونستمد القيمة الفعلية للكتلة واتجاه المدار من تغير موضع النجم مقارنة مع النجوم الأخرى القريبة منه أو ما يسمى بالقياس الفلكي (**astrometry**).

- تمكنا طريقة **العبور** من معرفة حجم الكواكب عن طريق عمق انحناء منحني الضوء خلال لحظة الكسوف، وأيضا دور المدار بحساب فرق الزمن بين كسوفين.

- من خلال **العدسات الميكروسكوبية** يمكننا معرفة كتلة الكوكب وبعده عن النجم.

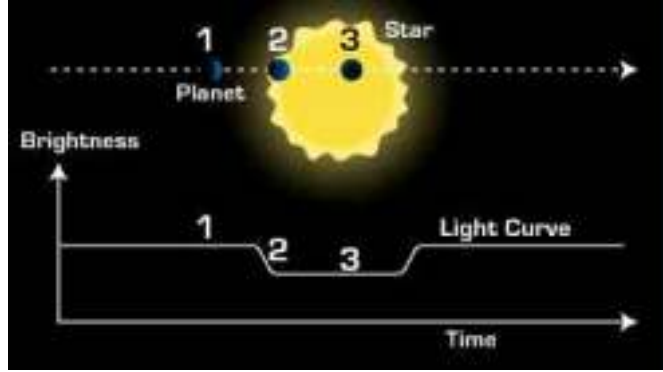
## الأساليب الديناميكية:

الكوكب والنجم يدوران حول مركز الكتلة المشترك بينهما، إن حركة النجوم

حول مركز الثقل ترصد عن طريق انسحاب خطوط الطيف الضوئي للنجوم (راجع الكتيب 2 و10).

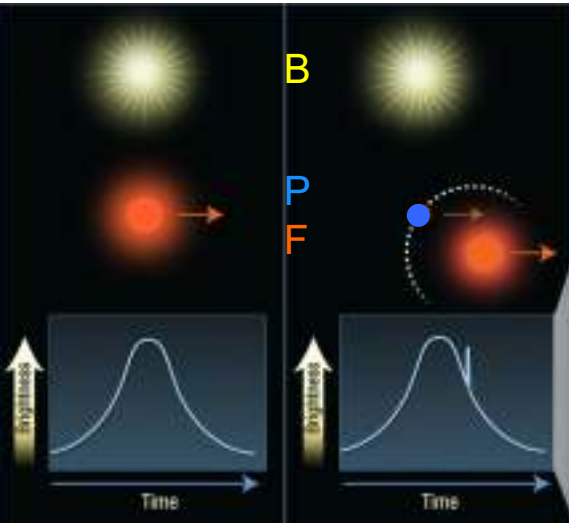
## العبور:

عند مرور كوكب أمام نجم ما، فإن الضوء المنبعث منه يضعف قليلا، فينتج كسوفاً صغيراً.



## العدسات الميكروسكوبية :

عند مرور نجم **F** أمام نجم **B** فإنه يخلق عدسة تجاذبية التي تقوم بتضخيم الضوء. فإذا كان الكوكب **P** يدور حول النجم **F**، فسيكون أيضاً بمثابة عدسة للنجم **B**، لكن لفترة زمنية أقصر.



الكون في جعبتي



# الكواكب الخارجية

جان شنايدر

وغازينا ستاشينسكا

مرصد باريس

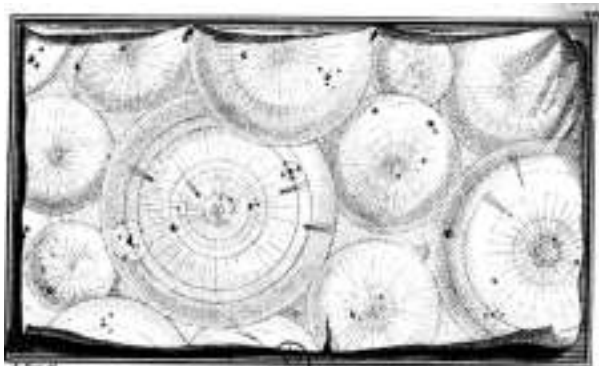


جاء اقتراح فكرة وجود عوالم أخرى خارج نظامنا الشمسي، من قبل الفيلسوف اليوناني إبيقور (Epicure)، قبل 2300 سنة.

وفي سنة 1584، جادل الفيلسوف الإيطالي جيوردانو برونو (Giordano Bruno)، بأن النجوم هي عبارة عن شمس، تماما كشمسنا.

في القرنين 17 و18، قام العديد من العلماء و الفلاسفة، أمثال تشارلز هيوجنز (Charles Huygens) و إيمانويل كانط (Immanuel Kant)، بتطوير مفهوم العوالم الأخرى.

هذا الرسم يمثل " تعدد الأكوان"، كما تصوره الكاتب الفرنسي فونتينيل (Fontenelle)، سنة 1686.



نقش ملون من كتاب نشر سنة 1888 من قبل كاميل فلاماريون (Camille Flammarion).

النقش يمثل حاجا يستكشف عالم آخر.



قام علماء الفلك بأولى المحاولات للكشف عن كواكب تدور حول نجوم أخرى في أواخر ثلاثينيات القرن العشرين، ولكن لم تكن هنالك أي جدوى إلى غاية سنة 1989.

## لماذا نبحث عن الكواكب الخارجية؟

هناك حوالي 100,000,000,000 نجم في مجرتنا، مجرة درب التبانة (Milky Way Galaxy).

ما هو عدد الكواكب الموجودة خارج المجموعة الشمسية المتوقع وجودها؟ لماذا تدور الكواكب حول بعض النجوم؟ ما مدى تنوع هذه الأنظمة الكوكبية؟ وهل يخبرنا هذا التنوع بشيء عن عملية تشكل الكواكب؟ هذه بعض من الأسئلة الكثيرة التي تدفعنا لدراسة الكواكب الخارجية.

قد تتوفر بعض الكواكب الخارجية على الظروف المادية الملائمة (كدرجة حرارة النجم، كمية ونوعية الضوء الصادر منه وكذا مكونات الغلاف الجوي للكوكب) مما يجعل قابلية وجود عناصر كيميائية عضوية معقدة تسمح بتطور الحياة (قد تكون هذه الحياة مختلفة تماما عن تلك الموجودة على سطح الأرض).