

أيقونات التطور  
علم أم ضرافة؟

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مركز براهين لدراسة الإلحاد ومعالجة النوازل العقدية



# أيقونات التطور علم أم خرافة؟

تأليف:

د. جوناثان ويلز

ترجمة:

د. موسى إدريس - د. أحمد ماحي - د. محمد القاضي

مراجعة وتقديم:

عبد الله بن سعيد الشهري

الطبعة الثانية

## Icons of Evolution

Science or Myth?

Jonathan Wells

## أيقونات التطور

علم أم خرافة؟

د. جوناثان ويلز

ترجمة: د. موسى إدريس – د. أحمد ماحي – د. محمد القاضي

مراجعة وتقديم: عبد الله بن سعيد الشهري

الطبعة الثانية: أكتوبر ٢٠١٦

مقاس الكتاب: ٢٤×١٧

عدد الصفحات: ٣٦٨

رقم الإيداع: ٢٠١٤ / ٢٥٦٢٦



الترقيم الدولي: ٩٧٨-٩٧٧-٨٥١٦٥-٢-٤

الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر (مركز براهين)، وإنما بالأحرى عن وجهة نظر المؤلف.

مركز براهين للأبحاث والدراسات

أرقام المبيعات: ٠١٠٦٤٨٠٠٠٩٤ (٠٠٢) – ٠١٠٥٥٧٧٤٦٠ (٠٠٢)

بريد المبيعات: sales@braheen.com

صفحات المبيعات: braheen\_bookstore  braheen\_bookstore  braheen.bookstore

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية، ويشمل ذلك التصوير الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مضغوطة أو استخدام أي وسيلة نشر أخرى، بما في ذلك حفظ المعلومات واسترجاعها، دون إذن خطي من الناشر.

Arabic Language Translation Copyright © 2016 for Braheen Center

**Icons of Evolution: Science or Myth?** By Jonathan Wells

Published by arrangement with **Regnery Publishing**, Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with **Braheen Center** and is not the responsibility of **Regnery Publishing**. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder.

**Braheen Center for Research and Studies, Ltd.**

## عن المؤلف

مما لا شك فيه أن جوناثان ويلز Jonathan Wells من الشخصيات المثيرة للجدل. بعد قضائه عامين في الجيش الأمريكي (١٩٦٤ - ١٩٦٦م)، التحق بجامعة كاليفورنيا بيركلي ليصبح مدرسا للعلوم. وحين استدعاه الجيش مرة أخرى في العام ١٩٦٨م، فضل دخول السجن عن الاشتراك مع الجيش في حرب فيتنام.

في عام ١٩٨٦م كان قد وصل إلى أعلى المراحل الدراسية في جامعة ييل Yale University وحصل على الدكتوراه في الدراسات الدينية، مُصدراً في هذا الوقت كتاباً عن (الجدال الدارويني في القرن التاسع عشر). ثم عاد إلى جامعة كاليفورنيا بيركلي ليحصل على الدكتوراه الثانية في البيولوجيا النمائية والخلوية في عام ١٩٩٤م. عمل بعدها مدرسا لعلم الأجنة في جامعة ولاية كاليفورنيا، ثم عاد لإكمال أبحاث ما بعد الدكتوراه في جامعة بيركلي، ثم انتقل في ١٩٩٨م لواشنطن للعمل في مركز الثقافة والعلوم التابع لمعهد ديسكفري، وما زال حتى الآن من أهم رواد المركز.



«مركز براهمين» لدراسة الإلحاد ومعالجة النوازل العقدية هو مركز بحثي مستقل، يعمل كمؤسسة غير ربحية مرخصة في لندن بالمملكة المتحدة، ويُعنى فقط بالعمل في المجال البحثي الأكاديمي لتوفير إصدارات متعددة (مكتوبة، مرئية، صوتية) على درجة عالية من الدقة والموضوعية والتوثيق يسعى من خلالها لتحقيق رسالته.

• رؤية المركز: عالم بلا إلحاد.

• رسالة المركز: المساهمة النوعية في تفكيك الخطاب الإلحادي ونقد مضامينه العلمية والفلسفية وأبعاده التاريخية والأخلاقية والنفسية والاجتماعية وبناء التصورات الصحيحة عن الدين والإنسان والحياة ومعالجة النوازل العقدية انطلاقاً من أصول الشريعة ومحكمات النصوص كل ذلك بلغة علمية رصينة وأسلوب تربوي هادف.

# BRAHEEN CENTER

*for Studying Atheism*  
and Contemporary Issues of Faith

27 Old Gloucester Street, London,  
United Kingdom, WC1N 3AX

• سياسة المركز: يعمل المركز بشكل أساسي على نقد أصول ومظاهر الإلحاد الحديث نقداً منهجياً، مع مراعاة البعد النفسي للمتلقين بمختلف فئاتهم، والحرص على تركيز النقد على الأطروحات الأساسية للخطاب الإلحادي الحديث. كما تنتهج مخرجات المركز أساليب الإفحام، والنقض، والدفاع وكذلك أساليب البناء والإقناع والهجوم وتقديم البدائل قدر الإمكان. وتتنحصر مخرجات المركز بشكل رئيسي في ثلاثة مجالات عريضة: علمية، فلسفية، شرعية.

الموقع الرسمي: [www.braheen.com](http://www.braheen.com)

للتواصل والاستفسارات العامة: [info@braheen.com](mailto:info@braheen.com)

للتواصل مع المدير التنفيذي: [ammar@braheen.com](mailto:ammar@braheen.com)

تويتر: [t.braheen.com](http://t.braheen.com)

فيسبوك: [fb.braheen.com](http://fb.braheen.com)

انستجرام: [i.braheen.com](http://i.braheen.com)

يوتيوب: [y.braheen.com](http://y.braheen.com)

## مقدمة الطبعة الثانية

بسم الله نبدأ...

طبعة جديدة، وأمل يتجدد بأن تفتح عقول تدعي أنها ما كانت لتغير قناعاتها الأولى إلا بعقول متفتحة.

بالرغم من الظروف الصعبة التي مررنا بها في إنتاج الطبعة الأولى، إلا أن وصولها للقراء -الذين دعموا استمرارنا بتعليقاتهم الرائعة- كان عزائنا الأكبر. عزاء يسلي عن أخطاء وقعت بهدف الإسراع في النشر، إسراع كنا نراه ضروريا، وما زلنا. في هذه الطبعة استدركنا ما لم نضفه في الطبعة الأولى من الكتاب الأصلي، فأضفنا تمهيد المؤلف والملحقين والمراجع. وحاولنا أن نتدارك ما وجدناه من أخطاء عبر فصول الكتاب. وكذلك عدلنا من تسميات الفصول لتسهيل الوصول إلى الأيقونات، فبدلاً من (الفصل الثاني: تجربة يوري-ميلر)، تغيرت إلى (الأيقونة الأولى: تجربة يوري-ميلر). ليصبح الترتيب الجديد للكتاب: (تمهيد، مقدمة، الأيقونات العشرة، خاتمة، ملحق ١، ملحق ٢، المراجع).

وكالعادة نكرر: "...مثل هذا العمل لن يخلو من نقص أو خطأ، والأمل الحسن في القراء أن يلتمسوا العذر، ويهدونا عيوبنا على طبق النصح كي نستدرك ما يحتاج إلى استدرارك أو نصح ما يحتاج إلى تصحيح في طبعات مستقبلية إن شاء الله".

وأخيراً، نسأل الله تعالى أن ينفع الجميع بهذا العمل، إنه ولي ذلك ومولاه.

مركز براهين



## مقدمة الطبعة الأولى

الحمد لله، خلق الإنسان، علمه البيان، وأعطى كل شيء خلقه ثم هدى...

يخطئ من يتخيل أن المعرفة البشرية أجزاء مفرقة لا يأخذ بعضها بحجز بعض، لا سيما إذا علمنا أن التصور الصحيح للعقل -وبالتالي للمعرفة- يقضي بأن أجزائها في حالة تفاعل مستمر لا يفتر طرفة عين، إن لم يكن في المستوى الظاهر لوعي الفرد ففي المستوى الباطن له ولا بد.<sup>(١)</sup> والناس اليوم بمختلف أصنافهم وشتى خلفياتهم منفتحون على كم هائل من المعارف المتدفقة، ويتأثرون في كل لحظة لا بتداعياتها النصية الحرفية فحسب، وإنما بكل ما يلازمها من إichات رمزية وإشارية متنوعة، بعضها في الخفاء والظهور -وبالتالي التأثير- أخفى وأظهر من بعض. ولا يكاد يسلم من سلطة هذا الواقع المعرفي المعقد أحد، بما في ذلك الفرد المسلم، مهما نأى بنفسه، وإن كنا نرى سياسة النأي التام لا عملية ولا واقعية، إذ أن التأثير لا بد أن يواجه بالتأثير لا لكي يظل التأثير -متى كان سلبيا- في أقل مستوياته فحسب، وإنما لكي ينتقل الفرد المسلم من حالة التقوُّع والتمترُس إلى حالة من التعلُّم والتفرُّس. فيشارك بما آتاه الله من معرفة في إحقاق الحق أياً كان مصدره، وإبطال الباطل أياً كان قائله، ولكن بعلم وعدل. ولكن لا يتأتى التصور ولا الحكم بعلم وعدل مع وجود القصور المؤثر في الإحاطة بما يعين على الوصول إلى تلك الغاية الشريفة. إذ لا بد من إمام جيد، على أقل تقدير، بملازمات العصر، وأصول معارفه، وطبيعة مناهجه، واختلاف قرائح المجتهدين فيه، لكي يتمكن حامل الرسالة الإسلامية من مصادرها الأصلية النقية، من تطوير أدواته المعرفية، وأساليبه الحجاجية، بما يلائم طبيعة القضايا المثارة في زمنه.

ومن هذه القضايا الملحة، والتي لم يخبُ أوارها منذ عصر التنوير (الأوروبي)

إلى هذه الساعة، بل إنه لفي ازدياد، قضية العلاقة بين الدين والعلم، أو لنقل العلاقة بين النص الديني والمسألة العلمية. والقضية المطروحة بين أيدينا في هذا الكتاب قضية متفرعة عن تلك القضية الكبرى، بل هي اليوم<sup>(٢)</sup> من أهم تلك القضايا وأكثرها حساسية على الإطلاق. إنها قضية نظرية التطور بشكل عام، ونظرية التطور الدارويني بشكل خاص. تكتسب هذه القضية أهميتها الكبيرة وحساسيتها البالغة من جهتين. من جهة إحيائها وتداعيتها الدينية المباشرة ومن جهة تأثيرها في تشكل المعرفة الإنسانية وتصريف السعي البشري ككل. وكما ذكرتُ في كتاب (ثلاث رسائل في الإلحاد والعقل والإيمان) لم تعد نظرية التطور بوضعها الراهن "قاصرة على محاولة تفسير الجانب الحيوي العضوي الخالص للحياة، وإنما توسعت في نطاقها التفسيري حتى اخترقت حقولاً ذات استقلال وسيادة كعلم الاجتماع والنفس والأعصاب والثقافة، فأصبح لدينا الآن ما يعرف بعلم الاجتماع التطوري Evolutionary Sociology والنفس التطوري Evolutionary Psychology والأعصاب التطوري Evolutionary Neuroscience وعلم الثقافة التطوري أو نظريات تطور الثقافات "Theories of Cultural Evolution".<sup>(٣)</sup>

ومن منطلق إدراكنا بأن الفرد المسلم لا يخلو من أن يكون بين حاجة إلى تفهم طبيعة السجال حول العلاقة بين الدين ونظرية التطور أو تجاوز مستوى التفهم الشخصي إلى المشاركة في صناعة الرأي والحكم والترحيل، أقول من منطلق إدراكنا لذلك، رأى (مركز براهين) المشاركة في تذليل ما من شأنه أن يعين المسلم على تلبية هذين الاحتياجين قدر الإمكان. وقد وقع الاختيار في سبيل ذلك على مشروع ترجمة -ضمن سلسلة مشاريع ترجمة أخرى- كتاب "أيقونات التطور" لمؤلفه جوناثان ويلز. ونحن بهذا التصرف لا نخرج عن مقصد الشارع أو نضاده، كما قد يتصور بعض ضعاف العقول وقصار النظر، وإنما نحققه ونؤكد كما فعل أئمة العلم وأساطين

المعرفة من قبلنا. يقول شيخ الإسلام بن تيمية رحمه الله: "يقرأ المسلم ما يحتاج إليه من كتب الأمم وكلامهم بلغتهم، ويترجمها بالعربية".<sup>(٤)</sup>

تدور الرسالة الأساسية لكتاب (أيقونات التطور) حول فكرتين جوهريتين؛ الأولى هي إبراز مقدرة خبراء العلم الطبيعي على توظيف العلم توظيفاً أيديولوجياً قمعياً سلطوياً إقصائياً متى أرادوا ذلك أو شعروا بالحاجة إليه. وأما الفكرة الثانية فهي إبراز قابلية العلم الطبيعي نفسه لأن يتحول من خلال نظرياته وفرضياته ومؤيديه إلى أساطير ذات أقانيم وأيقونات، ومرويات وسرديات، ورموز وإشارات خاصة. ليس عمل جوناثان ويلز في هذا الاتجاه جديداً أو فريداً بالكلية، فقد كتب فلاسفة العلم والمعرفة وعلماء الاجتماع في هذا الجانب كتابات عميقة تنفذ إلى مفاصل الإشكال وتكشف عن جذوره<sup>(٥)</sup>، ولكن الشيء المختلف في عمل ويلز هو التمثيل والتدليل عملياً على هذا الإشكال الشائك بالفعل من خلال حالة معيّنة في الواقع، حالة نظرية التطور الدارويني.

نأمل أن يثري كتاب (أيقونات التطور) المكتبة العربية الإسلامية كرافد من روافد بناء التصور الصحيح قبل المشاركة في إصدار الأحكام حول هذه القضية. ولا نقصد بالتصور الصحيح أن كل ما جاء في عمل ويلز صحيح بالضرورة. فقطعاً هذا غير مراد ولا ينبغي مع أي إنتاج بشري مهما بلغ علم صاحبه. وإنما المقصود أنه لكي تُفهم القصة كاملة، فإنه لا بد من الاستماع لكافة الأطراف المؤثرة فيها. والأطراف المؤثرة تأثيراً مباشراً في سجل نظرية التطور الدارويني كما نعرفها اليوم هي: الداروينيون الجدد وأنصار مقالة التصميم الذكي.<sup>(٦)</sup>

إن الحد الأدنى مما يطمع إليه (مركز براهين) من نقل هذا الكتاب إلى العربية هو نفي الانطباع المغلوط من بعض الأذهان التي تأثرت تأثراً سلبياً انفعالياً سطحياً

بالطرح الإلحادي الجديد بتوظيفاته الخاصة للعلم وتأويلاته الشخصية لمخرجاته؛ الانطباع المتمثل في تقبُّل المضامين الإلحادية لنظرية التطور الدارويني لا باعتبار قناعة ناشئة عن تأمل موضوعي شامل متأن لكافة أبعاد القضية وتداعياتها، وإنما الانطباع المتمثل في تقبُّل تلك المضامين تأثراً بهيمنة الخطاب الرسمي لهذا النموذج، ورضوخاً لسلطة كثير من مؤسساته في العالم الغربي على وجه الخصوص.

قبل الختام أقدم شكرًا وأترك تنبيهاً. أشكر الله تعالى أولاً على ما أعاننا عليه في مركز براهين من إتمام لهذا العمل، ثم الشكر لفريق الترجمة والتنسيق والمراجعة على ما بذله من جهد كبير لإخراج هذا العمل في ظل تراحم الأعمال، وضيق الوقت، وشُح الدعم.

أما التنبيه الذي أود أن أتركه فيتعلّق بالترجمة. حيث أن فريق الترجمة والمراجعة عملوا تحت ظروف صعبة وواجهوا تحديات عدة لإخراج هذا العمل في فترة زمنية قياسية، وكأي عمل يُنجز في مثل هذه الظروف، فإن مثل هذا العمل لن يخلو من نقص أو خطأ، والأمل الحَسَن في القراء أن يلتمسوا العذر، ويهدونا عيوننا على طبق النصح كي نستدرك ما يحتاج إلى استدراك أو نصح ما يحتاج إلى تصحيح في طبعات مستقبلية إن شاء الله.

عبد الله بن سعيد الشهري

رئيس مركز براهين السابق

## الهوامش:

- (١) أو ما يدعونه مبالغة بـ "اللاوعي".
  - (٢) نقول "اليوم" لأن لكل زمان قضاياها الحرجة وإشكالاته الخاصة.
  - (٣) ثلاث رسائل في الإلحاد والعقل والإيمان، الطبعة الثانية، مركز براهين، ص ٣٨-٣٩.
  - (٤) مجموع الفتاوى (٣/ ٣٠٦).
  - (٥) يُنظر تمثيلاً لا حصراً:
- فيما يتعلق بحالات الإقصاء لعلماء مبرزين حين لا يتفق طرحهم مع النموذج العلمي السائد:
- Tipler, F. (2004) *Referred Journals: Do they Insure Quality or Enforce Orthodoxy?* In Dembski, W.(edit) *Uncommon Descent*, ISI Books, p. 119.
- ولكتاب جامع حول الخيانات العلمية، المقصودة وغير المقصودة، في أروقة المؤسسات العلمية وممارسات آحاد العلماء.
- Broad, w. & wade, n. (1982) *Betrayers of The Truth*, New York
- وأيضاً كتاب (استبداد العلم The Tyranny of Science)، لفيلسوف العلوم: (بول فيرابند Paul Feyerabend)، نشر دار Polity. حول الآثار غير المحمودة لهيمنة نماذج ومناهج العلم الطبيعي.
- وللمزيد بالعربية حول هذا الخصوص، يمكن مراجعة: علم اجتماع العلوم، تأليف: دومينيك فينك؛ ترجمة: ماجدة أباطة. ولشواهد على تحيزات العلم والعلماء اللاواعية في كثير من الأحيان. وكتابي (ثلاث رسائل في الإلحاد والعقل والإيمان) ص ١١٧-١٢٤، ص ٢٠٥-٢٢٤؛ لعدد من النقولات ورصد للآثار المتصلة بهذا الجانب.
- (٦) طالع أيضاً كتاب "تصميم الحياة" The Design of Life، من ترجمة (مركز براهين). فيه يتعرف القارئ على عرض شامل لمفهوم وأدلة التصميم الذكي، مع تعليق حول أبعاد المصطلح بصيغته تلك من ناحية شرعية، ومحاولة لاقتراح بديل أنسب له.

## تمهيد

أثناء سنوات دراستي كطالب جامعي في العلوم الفيزيائية، ومن بعدها كطالب دراسات عليا في العلوم البيولوجية في جامعة كاليفورنيا بيركلي، كنت تقريبا أصدق كل ما أقرأه في المراجع. كنت أعلم أن الكتب تحتوي بعض الأخطاء المطبعية والقليل من الأخطاء الحقيقية، وكنت متشككا في الادعاءات الفلسفية التي تتجاوز الدليل، ولكنني ظننت أن معظم ما كنت أتعلمه حقيقة مطلقة.

ومع ذلك، وبينما كنت أنتهي من الدكتوراه في البيولوجيا النمائية والخلوية، لاحظت أن كل المراجع المتعلقة بالبيولوجيا التطورية تحتوي على تزوير فاضح؛ رسومات أجنة الفقاريات المنشورة، تُظهر تشابهات يفترض أنها دليلا على الانحدار من سلف مشترك، ولكني كمختص في علم الأجنة كنت أعلم أن تلك الرسومات مزيفة. ليس فقط حرفوا الأجنة التي عرضوها، بل أيضا أغفلوا ذكر المراحل المتقدمة التي تبدو الأجنة فيها مختلفة عن بعضها البعض.

تأكدت من تقييمي لرسومات الأجنة في ١٩٩٧م، حينما نشر عالم الأجنة البريطاني (مايكل ريتشاردسون Michael Richardson) وزميله مقالا في مجلة (التشريح وعلم الأجنة Anatomy and Embryology) لمقارنة الرسومات المنشورة في الكتب الدراسية بالأجنة الحقيقية. اقتبس كلام ريتشاردسون وقتها

بجدارة في أبرز مجلة علمية (العلوم Science): "يبدو أنه اتضح أنها من أكثر الأكاذيب شهرة في علم الأحياء".

ولكن إلى الآن، ما زال أكثر الناس يجهلوا تلك الحقيقة، وحتى الكتب الدراسية المنشورة بعد ١٩٩٧م استمرت في نشر تلك الرسوم المزيفة. منذ وقتها، اكتشفت أن العديد من رسومات المراجع والكتب الدراسية تحرف الأدلة لصالح التطور أيضاً. في البداية، استعصى علي تصديق الأمر. كيف يمكن لكل تلك المراجع أن تحتوي على كل تلك التحريفات لكل هذا الوقت؟ لماذا لم نلاحظ من قبل؟ ثم اكتشفت أن علماء أحياء آخرين لاحظوا الكثير من ذلك، وانتقدوه بالفعل في كتبهم. ولكن انتقاداتهم تم تجاهلها.

هذا النمط مستمر، ويشير إلى أكثر من مجرد خطأ عادي. فهو على أقل تقدير، يشير إلى أن الداروينية تشجع على تحريف الحقيقة. عدد التحريفات التي حدثت بدون قصد، وعدد التي حدثت عن عمد، يظل أمرًا يستحق النظر. ولكن النتيجة واضحة؛ الطلاب والعامة يتم إمدادهم -بشكل ممنهج- بالمعلومات الخاطئة حول أدلة التطور.

هذا الكتاب، هو عن تلك الأدلة. ولتوثيقها، أقتبس من الأعمال المراجعة من قبل الأقران لمئات العلماء، الذين يؤمن الكثير منهم بالتطور الدارويني. وحين أقتبس منهم، فهذا لا يعني أنني أريد إظهارهم كرافضين لنظرية داروين، فأكثرهم بالفعل لا يرفضها. وإنما اقتباسي لهم سببه أنهم خبراء في تلك الأدلة.

تجنب اللغة التقنية قدر ما استطعت، ولكن لهؤلاء الذي يودون الاطلاع على المزيد من التفاصيل، أدرجت في نهاية الكتاب ملحوظات موسعة للإحالة للمراجع

العلمية. وبالطبع ليس المقصود من الملحوظات جعلها حصرية - باستثناء ذكر لائحة مصادر الاقتباسات-، ولكن الهدف مساعدة القراء الذين يرغبون التوسع في تعقب القضية.

أتبعت الأيقونات بملحقين؛ الأول يقيم منتقدا عشرة مراجع بيولوجية واسعة الاستخدام في الجامعات والمدارس الثانوية، والثاني يقترح عبارات تحذيرية -كتلك المستعملة على علب السجائر- ربما ترغب المدارس بوضعها على المواد التدريسية للتحذير من تلك التحريفات.

تفضل علي الكثير بالمراجعة والتعليق على مخطوطة الكتاب. من هؤلاء الذي ساعدوني في التفاصيل التقنية لأقسام أو فصول معينة: ليديا مجرو (المقدمة)، دين كينيون ورويال ترومان (تجربة يوري ميلر)، جون ويست (الانفجار الكامبري في فصل شجرة الحياة لداروين)، وُ. فورد دوليتيل (علم تطور السلالات الجزيئي في فصل شجرة الحياة لداروين)، براين ك. هال (التشابه في أطراف الفقاريات)، أشبي كامب وآلان فيدوتشا (أركيوتركس)، ثيودير د. سارجنت (العث الإنجليزي المنقط)، توني جيلسما (عصافير داروين)، إدوارد ب. لويس (علم وراثاة الطفرات الثلاثية في فصل ذباب الفاكهة رباعي الأجنحة)، جيمس جراهام (أصل الإنسان في فصل الأيقونة العظمى).

ذكري لهؤلاء هنا لا يعني أنهم يتفوقون مع آرائي. على العكس، الكثير منهم سوف يختلف مع الاستنتاجات والتوصيات التي قدمتها. ولكن بالنسبة لهؤلاء الأشخاص الرائعين، العلم هو البحث عن الحق، وأنا مدين لهم لمساعدتي للحصول على الحقائق مباشرة. وبالطبع، أي خطأ ربما يكون قد بقي، فهو مني وليس منهم.



أما عن هؤلاء الذين صبروا على القراءة والتعليق على أجزاء كبيرة من محطوطة الكتاب، فمنهم (بالترتيب الأبجدي): توم بيثيل، روبرتا تي. بيدنر، بروس تشيمان، ويليم ديمبسكي، ديفيد ك. ديولف، مارك هارتويج، فيليب جونسون، بول نيلسون، مارتن باويني، جاي ويزلي ريتشاردز، إريكا روجرز، جودي إف. سيوجرن (التي قامت بمعظم الرسومات)، لوسي ب. ويلز، وجون ج. ويست. بعض هؤلاء ساعدوني في المحتوى العلمي، ولكن جميعهم ساعدني في جعل الكتاب قابل للقراءة. ولو ظلت هناك أخطاء أو نقاط صعبة، فهذا لأنني فشلت في تطبيق بعض نصائحهم الرائعة.

كذلك ممتن للمساعدة البحثية التي تلقيتها من العديد من الأشخاص، خاصة من (وينزلو ج. جيريش Winslow G. Gerrish) و(ويليام كفازينكوف William Kvasnikoff) ومن فريق عمل مكتبات العلوم الطبيعية والطبية في جامعة واشنطن في سياتل. وللتمويل البحثي الذي قدم لي بسخاء من مركز تجديد الثقافة والعلوم ([www.crsc.org](http://www.crsc.org))، بمعهد ديسكفري في سياتل.

## مقدمة

"إن العلم هو البحث عن الحق"، قالها الكيميائي لينوس باولنج Linus Pauling (الحائز على جائزتي نوبل). ووافقته على ذلك بروس ألبرتس Bruce Alberts (الرئيس الحالي للأكاديمية الوطنية للعلوم NAS) في مايو ٢٠٠٠م حين قال -مقتبسًا من كلام شمعون بيريز-: "لا يمكن للعلم أن يتعايش مع الأكاذيب"، ويواصل ألبرتس قائلاً: "لا وجود للكذبة العلمية، كما لا يمكن الكذب بطريقة علمية، فالعلم أصلاً هو البحث عن الحق".

يرى معظم الناس أن الأسطورة نقيض العلم؛ فالأسطورة مروية قد تشبع حاجة ذاتية أو تكشف شيئاً عميقاً عن باطن النفس الإنسانية، إلا أنها، كما هو الحال في عرف الاستعمال، ليست تفسيراً للحقيقة الموضوعية. يقول روجر لوين Roger Lewin المحرر العلمي السابق: "يجفل أكثر العلماء عندما تلتصق كلمة "أسطورة" بما يرونه بحثاً عن الحق"، لكن العلم يشتمل بالطبع على عناصر أسطورية؛ لأن كل المشاريع التي يخوضها بنو الإنسان كذلك، وإنه ليحق للعلماء أن يجفلوا عندما توصف مقولاتهم بأنها أساطير لأن هدفهم كعلماء هو تقليل العنصر الذاتي القصصي وتعظيم العنصر الموضوعي للحق قدر المستطاع.

ليس البحث عن الحق هدفاً نبيلًا فحسب، وإنما هو أمر نافع للغاية، فعندما يزودنا بأقرب شيء نملكه انتهاءً بفهم صحيح للعالم الطبيعي، فإن العلم يكون قد

أتاح لنا حياة أكثر أماناً وصحةً وإنتاجاً، ولو لم يكن العلم هو البحث عن الحق؛ فما كان لجسورنا تحمل الأوزان التي نضعها فوقها، وما كان لأعمارنا أن تطول، وما كان للحضارة التقنية الحديثة أن توجد.

وفي المقابل، نجد أن رواية القصص عمل إنساني لا يقل أهمية، فدون القصص لن نتحصل على أية ثقافة، لكننا لا نستدعي رواة القصص لبناء الجسور أو إجراء العمليات الجراحية، إذ نفضل لهذه المهام أشخاصاً قد تمرسوا في فهم حقائق المعادن والأبدان.

## العلم الطبيعي كممارسة منضبطة

كيف يقوم العلماء بتدريب أنفسهم ليتمكنوا من فهم العالم الطبيعي؟ لقد أجاب فلاسفة العلم الطبيعي عن هذا السؤال بطرق مختلفة، إلا أن هناك أمراً واحداً في غاية الوضوح؛ ألا وهو أن أية نظرية تدّعي أنها علمية يجب أن تخضع -بطريقة ما وفي مرحلة ما- للمقارنة بنتائج الملاحظات أو التجارب. وبحسب الكتيب الموجّه لتدريس العلوم، والذي أصدرته الأكاديمية الوطنية للعلوم عام ١٩٩٨م: "إن من شأن العلم أن يختبر ويعيد اختبار التفسيرات من خلال وضعها على محك العالم الطبيعي".

ربما تعتبر النظريات التي تنجح في الاختبارات المتكررة وصفاً صحيحاً لهذا العالم بشكل مؤقت، ولكن إن وجد تعارض مستمر بين النظرية والدليل فلا بد أن تخضع النظرية لما يمليه الدليل، كما قال فيلسوف العلم في القرن السابع عشر فرانسيس بيكون Francis Bacon: يجب أن نُطَيِّع الطبيعة لنتمكن من تسخيرها. وعليه فعندما يرفض العلم الإذعان لحقائق الطبيعة فإن الجسور تنهار، ويموت المرضى على طاولة العمليات.

إن تمحيص النظريات في ضوء الأدلة عملياً لا تنتهي، وقد أصاب كتيب الأكاديمية الوطنية الأمريكية عندما نص على أن: "كل المعرفة المنتمية للعلم الطبيعي خاضعة للتغير كلما توفرت أدلة جديدة"، فلا أهمية لمدة تبني نظرية ما، ولا عدد العلماء الذين يؤمنون بها في الوقت الراهن؛ لأنه إذا نجم التناقض بين الأدلة فإنه يتعين علينا إعادة تقييم النظرية، أو هجرها بالكلية، وإلا فإنه لم يعد علماً وإنما خرافة، ولنتحقق من أن النظريات تخضع لاختبارات موضوعية وليست خرافات غير موضوعية فإن الاختبار يجب أن يكون في العلن لا في السر، وينص كتيب الأكاديمية على أن: "عملية التمحيص العلني هذه جزء أساسي من العلم، وتعمل على تخليصه من التحيزات الفردية والذاتية، ليتمكن الآخرون من اتخاذ قرار فيما إذا كان التفسير المفترض يتسق مع الدليل المتاح أم لا".

تُعرف هذه العملية داخل المجتمع العلمي بمراجعة الأقران Peer Review، وبعض الفرضيات العلمية موغلة في التخصص لدرجة أنه لا يمكن تقييمها بطريقة صحيحة إلا من قبل أفراد متخصصين في ذات المجال، وفي مثل هذه الحالات يكون الأقران المراجعون قلة من الخبراء. لكن في حالات غير قليلة قد يملك الإنسان العادي كفاءة تمكنه من الحكم على الأدلة تضارع كفاءة العالم المتمرس، ولنضرب مثلاً: لو أن نظرية للجاذبية تنبأت أن الأجسام الثقيلة سوف تنجذب إلى الأعلى فإن دحض هذا الأمر لا يحتاج لمختص في الفيزياء الفلكية ليتبين أن النظرية خطأ، وكذلك لو أن صورة لجنين لا تبدو كما هي عليه في الواقع، فإن هذا لا يحتاج لعالم أجنة ليثبت أن الصورة مزورة.

وبالتالي ينبغي أن يكون الإنسان العادي قادراً على فهم وتقييم كثير من الادعاءات العلمية، متى توفّر على الأدلة المطلوبة. ولقد أقر دليل الأكاديمية الوطنية

الأمريكية للعلوم هذا الأمر في عبارته الافتتاحية المقتبسة من دعوة توماس جفرسون Thomas Jefferson: "الإذاعة المعرفة بين الناس، لا يمكن الإتيان بأساس أمتن من هذا للحفاظ على حرية وسعادة الناس". ويواصل الكتيب قائلاً: "لقد رأى جفرسون بوضوح ما قد ازداد ثبوتاً يوماً بعد يوم: أن ثروة أي أمة تكمن في قدرة مواطنيها على فهم واستخدام المعلومات المتعلقة بالعالم من حولهم".

ويؤكد قاضي المقاطعة في الولايات المتحدة جيمس غراهام James Graham الحكمة التي ذكرها جفرسون عبر صحيفة أوهايو في مايو من عام ٢٠٠٠م بقوله: "إن العلم ليس أمراً كهنوياً يتعذر سبر غوره؛ فأني شخص يمتلك ذكاءً معقولاً، يستطيع بشيء من المثابرة أن يفهم النظرية العلمية وقيمها بشكل فاحص". لقد سَطَّرَ كتيب الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم والمقال الصحفي للقاضي جيمس في سياق الجدل الدائر حالياً حول نظرية التطور، إلا أن الكتيب قد كُتِبَ للدفاع عن نظرية التطور، في حين أن الآخر قد كُتِبَ للدفاع عن بعض نقاد النظرية؛ وبعبارة أخرى: إن المدافعين عنها ومنتقديها على حد سواء يناشدون حكمة وذكاء الشعب الأمريكي ليُحْلَلَ هذا الخلاف.

صُنِّفَ هذا الكتاب بناءً على اقتناع بأن النظريات العلمية عموماً – ونظرية التطور الدارويني على وجه الخصوص – قابلة للتقييم من قبل أي شخص ذكي يستطيع التوفر على الأدلة. لكن قبل النظر في أدلة التطور، علينا أولاً أن نعرف ما معنى التطور.

## ما التطور؟

التطور الحيوي؛ هو النظرية التي تدّعي أن كل الكائنات الحية قد انحدرت من سلف مشترك عاش في الماضي البعيد، وتدّعي أن كاتب وقارئ هذه السطور قد

انحدر من أسلاف شبيهة بالقرود، وأن هذه الأسلاف بدورها انحدرت من حيوانات أكثر بدائية.

هذا هو المعنى الأساسي للتطور عند علماء الأحياء. يقول كتيب الأكاديمية العلمية الأمريكية: "التطور الحيوي يعني أن الكائنات الحية لها أسلاف مشتركة، ومع مرور الزمن تتسبب التغيرات التطورية في ظهور أنواع جديدة، وقد سمي داروين هذه العملية بـ (النشوء والارتقاء - أو الانحدار مع التغير Descent With Modification). وما يزال هذا التعريف صالحًا للتعبير عن مفهوم التطور الحيوي حتى اليوم".

وبالنسبة لتشارلز داروين فقد كانت قضية النشوء والارتقاء هي أصل كل الكائنات الحية الحالية بعد الكائنات الأولى. وكتب في أصل الأنواع: "أرى أن كل الكائنات لم توجد بخلق خاص لكل منها، بل هي ذرية تحدرت خطياً من عدد قليل من الكائنات الأخرى" التي عاشت في الزمن السحيق. ويعتقد داروين أن سبب الفروق الكبيرة التي نراها حالياً بين الكائنات الحية هو التغير عبر الانتقاء الطبيعي، أو قانون البقاء للأصلح. وكتب داروين: "أنا مقتنع بأن الانتقاء الطبيعي كان أهم طريقة لإحداث التغيير ولكنه لم يكن الأداة الوحيدة". وأحياناً يرد أنصار نظرية داروين -عندما تواجههم الانتقادات- بادعاء أن التطور ببساطة هو مجرد حدوث التغير عبر الزمن، لكن هذه الإجابة تنطوي على تملّص واضح، إذ لن نجد إنساناً عاقلاً ينكر حقيقة التغير في الطبيعة، ولا حاجة لنا بداروين ليقنعنا بوجود مطلق التغير عبر الزمن، ولو كان معنى نظرية التطور هو مجرد وجود التغير مع مرور الزمن فقط فلن نجد بين الناس من يجادل حول هذه النظرية مطلقاً، إذ لا يعتقد أحد بأن التطور الحيوي مجرد تغير بمرور الزمن فقط.

وتبقى عبارة أقل مراوغة من الأولى وهي القول بالانحدار مع التغير. وبكل تأكيد يحدث هذا، لأن كل الكائنات داخل النوع الواحد مرتبطة ببعضها عبر الانحدار مع التغير؛ ونحن نرى ذلك في عوائلنا، ويلاحظه المزارعون والقائمون على تربية النباتات والحيوانات، ولكن هذا يُجانب محل النزاع الحقيقي.

لا يرتاب أحد في أن الانحدار مع التغير يحدث أثناء عملية التكاثر الحيوي الطبيعي. فمحل النزاع الحقيقي هو ما إذا كان الانحدار مع التغير يفسر ظهور أنواع جديدة، أو بالأحرى كل الأنواع. ومثل فكرة التغير مع الزمن، فإن فكرة الانحدار مع التغير ضمن أفراد النوع الواحد ليست محل خلاف مطلقاً؛ إلا أن نظرية التطور الدارويني تدعي ما هو أكثر من هذا، إذ إنها تدعي أن الانحدار مع التغير يفسر نشوء وتنوع كل الكائنات الحية.

الطريقة الوحيدة التي يمكن من خلالها اختبار صحة هذا الادعاء من عدمه هي تمحيصه في ضوء الملاحظات أو التجارب، وككل النظريات العلمية الأخرى، يجب أن تُعرضَ الداروينية باستمرار على الأدلة. فإن لم تتفق معها فإنه يعاد تقييمها أو تهجر؛ وإلا أضحي العلم خرافة.

## الأدلة على التطور

عندما يُطلب تعداد الأدلة المثبتة للتطور الدارويني يجيبنا معظم الناس -بما فيهم علماء الأحياء- بالمجموعة نفسها من الأدلة؛ فكلهم أخذوها من ذات المراجع المنهجية المعدودة، وأشهر تلك الأمثلة:

(١) دورق مختبر يحاكي جو الأرض البدائي ونتيجة تمرير شرارة كهربائية تنتج فيه الوحدات الكيميائية الضرورية لبناء الخلايا الحية.

٢) مخطط شجرة تطور الحياة؛ الذي رسم بناءً على كم كبير ومتزايد من الأدلة الجزيئية والأحفورية.

٣) تشابه بنية العظم بين جناح خفاش وزعنفة دولفين ورجل حصان ويد إنسان بما يدل على الأصل التطوري من سلف مشترك.

٤) صور تبدي التشابه بين الأجنة في مراحل مبكرة، تثبت أن البرمائيات والزواحف والطيور والبشر منحدرين من حيوان شبيه بالسماك.

٥) الأركيوبترس Archaeopteryx؛ طائر أحفوري له أسنان في فكيه ومخالب في أجنحته، يمثل الحلقة المفقودة بين الزواحف القديمة والطيور الحديثة.

٦) العث الإنجليزي المنقط Peppered Moth؛ تتخفى بلونها الجديد الموافق للون جذوع الأشجار وتتجنب الطيور المفترسة، بما يعتبر أشهر مثال على الانتقاء الطبيعي.

٧) عصافير داروين في جزر غالاباغوس؛ وهي ١٣ نوعاً منفصلاً تنحدر من أصل واحد، أنتج الانتقاء الطبيعي تغيرات في مناقيرها، وهذا الدليل هو ما ألهم داروين نظريته.

٨) ذباب الفاكهة بزوج إضافي من الأجنحة يثبت أن الطفرات الجينية يمكن أن تزودنا بالمادة الأولية للتطور.

٩) نموذج الشجرة المتفرعة لأحفورات الحصان؛ والذي يدحض الأفكار القديمة بأن التطور موجه.

١٠) رسومات لمخلوقات شبيهة بالقرود تتطور إلى بشر، تثبت أننا مجرد حيوانات، وأن وجودنا مجرد منتج هامشي لأسباب طبيعية لا غاية وراءها.



يشيع استخدام هذه الأمثلة كأدلة لإثبات نظرية التطور، لدرجة أن معظمها سُمي أيقونات للتطور، إلا أن جميعها مجرد تشويه وتحريف للحقيقة بطريقة ما.

## علم أم خرافة؟

تعرض بعض هذه الأيقونات تخمينات وفرضيات كما لو أنها حقائق معروفة؛ ففي كلمة ستيفن جي جولد Stephen Jay Gould يقول: "إنها تجسّدات لمفاهيم تنتكر على أنها وصف محايد للطبيعة"، وبعضها يُخفي وراءه الجدل العلمي الواسع بين علماء الأحياء والذي يهدد بعمق نظرية التطور، وأساءً شيء أن بعضها متعارض تمامًا مع الدليل العلمي الثابت.

لا يدرك معظم علماء الأحياء هذه المشاكل، فمعظمهم يعمل في مجالات بعيدة جدًا عن التطور الحيوي، ومعظم معلوماتهم عن التطور مقتصر على ما تعلموه من ذات الكتب ومقالات المجالات ووثائقيات التلفاز التي تُعرض لعموم الناس. تعتمد هذه الكتب والعروض العمومية أساسًا على أيقونات التطور؛ ولذلك يرى معظم علماء الأحياء الأيقونات كأدلة حقيقة على التطور.

يدرك بعض علماء الأحياء الصعوبات التي تحيط بأيقونة معينة لأنها ترتبط بمجالهم البحثي، فهم يدركون تناقضها مع الأدلة العلمية من خلال اطلاعهم المتخصص، ويستطيع العالم منهم أن يرى بوضوح عند قراءة الأبحاث في اختصاصه أنها دليل مزور أو غير صحيح، لكنه ربما يظنها مجرد مشكلة بسيطة منعزلة، وخاصة عندما يتأكد له أن نظرية داروين مؤيدة بكم كبير من الأدلة في مجالات أخرى، فالعلماء الذين يعتقدون بالصواب الأكيد لنظرية داروين قد يهملون جانبًا ما يعرفونه مباشرة من فشل أيقونة معينة.

من ناحية أخرى؛ لو أن أصوات تلك الهواجس خرجت فلن يستمع إليها الآخرون، لأن نقد التطور الدارويني غير محبذ بين علماء الأحياء المتحدثين بالإنجليزية، ولعل هذا هو السبب في عدم انتشار معرفة مشاكل أيقونات التطور على نطاق واسع، ولذلك يدهش الكثير من علماء الأحياء كما يدهش العوام عند اطلاعهم على حقيقة مشاكل هذه الأيقونات (الأدلة).

سنعرض في الفصول القادمة أيقونات التطور على الأدلة العلمية المنشورة، وسنكشف الكم الكبير من الخطأ الذي نُعلمه لطلابنا حول التطور. وتطرح هذه الحقيقة سؤالاً خطيراً حول وضع نظرية التطور: إن كانت هذه الأيقونات هي أفضل الأدلة التي نملكها لإثبات التطور الدارويني، وثبت لنا خطأها كلها أو كونها مزورة، فما هو الوصف الصحيح للنظرية؟ أهي علم أم خرافة؟

الأيقونة الأولى  
تجربة (يوري-میلر)

## تجربة (يوري-ميلر)

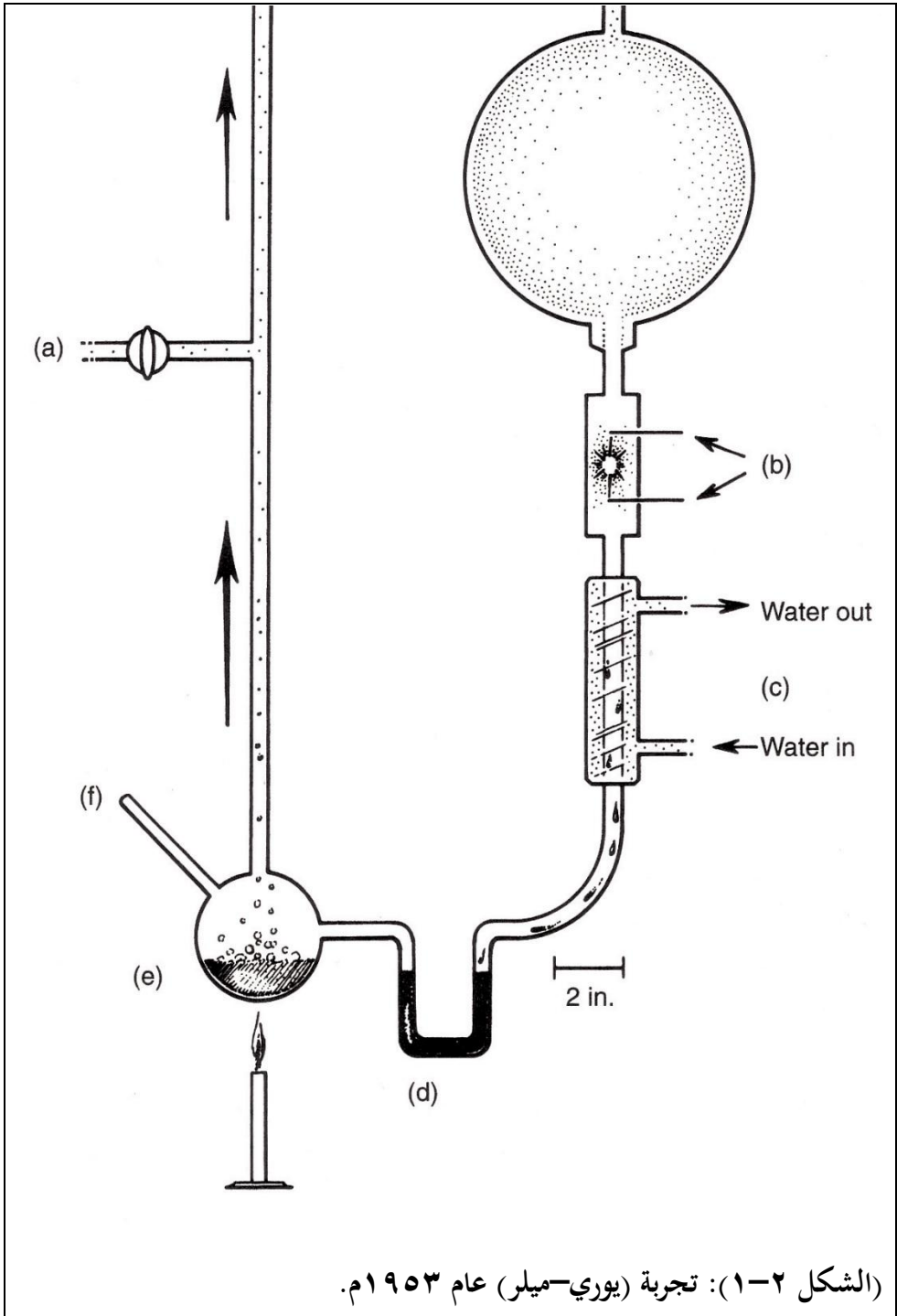
يبدأ المشهد مع صوت مقطوعة الموسيقى الكلاسيكية الشهيرة (قدسية الربيع) لسترافينسكي، فنرى الأرضَ الأولىَ يملؤها نشاطٌ بركانيٌّ كثيفٌ، وتندفع حَمَمُ البراكين الملتهبةُ محمرة على الأرض ثم تغوص في مياه المحيط بغليانٍ يطلق سحباً من البخار في الوقت الذي يومض البرق فيضيء السماء في أعلى المشهد، ثم تغوص الكاميرا بهدوء بطريقة استعراضية لتصل إلى قاع المحيط الساكن، وهناك نرى بقعاً غامضة تلمع في الظلام الدامس وفجأة يندفع عبر الشاشة حيوان صغير من خلية واحدة: لقد ولدت الحياة.

هذا المشهد من فيلم خيالي قديم ومشهور أصدرته شركة (والث ديزني) عام ١٩٤٠م، واستخدم المُعلِّقُ عبارةً تقول: "إعادة إنتاجٍ باردةٍ المشاعر ودقيقةٍ لما يعتقد العلم أنه حدث خلال المليار الأول من السنوات من عمر هذا الكوكب"، وهذا السيناريو يختصر فكرة العالمين الروسي أوبارين A. I. Oparin، والبريطاني جون هالدين J. B. S. Haldane، الذين اقترحا في عشرينيات القرن العشرين أنَّ البرق في الجو الأوليَّ للأرض عمل على تكوين وحدات البناء الكيميائية للحياة. ورغم أن داروين لم يدعِ فهم أصل الحياة، لكنه توقع أنها بدأت في بعض البرك الدافئة، وكذلك افتَرَضَ أوبارين وهالدين أن المواد الكيميائية التي تكونت في الجو ذابت في البحار القديمة وشكلت حساءً ساخناً مخففاً، ثم ظهرت في هذا الحساء البدائي الخلايا الحية الأولى.

سيطرتْ فرضيةُ أوبارين وهالدين على خيال الكثير من العلماء، وصارت لاحقاً هي ما يعتقدُه العلم كتصور للمراحل الأولى من نشأة الحياة، لكنها بقيتْ فرضية غير مختبرة حتى أوائل عقد الخمسينات عندما قام طالب أمريكي اسمه ستانلي ميلر Stanley Miller، مع المشرف على رسالته للدكتوراه هارولد يوري Harold Urey، بإنتاج بعض وحدات البناء الكيميائية للحياة بتمرير شرارة كهربية عبر خليط من الغازات اعتبارها محاكية للجو البدائي للأرض.

أثارت تجربة (يوري-ميلر) عام ١٩٥٣م شغف المجتمع العلمي بأكمله، وسرعان ما أُدخلت في كل كتب علم الأحياء المدرسية والجامعية لتقدم كدليل يثبت أن العلماء نجحوا في تفسير المرحلة الأولى من نشوء الحياة.

ولا تزال نظرية يوري وميلر تتصدر بقوة المراجع الدراسية والمجلات والأفلام الوثائقية العلمية كإحدى أيقونات نظرية التطور، رغم أن معظم علماء كيمياء الأرض Geochemists على قناعة استمرت لأكثر من عقد بأن التجربة فشلت في محاكاة الظروف الأولية للأرض، ومن ثمّ فهي تفسر القليل من نشوء الحياة أو لا تقدم أي تفسير أصلاً، وفيما يلي الأسباب.



(الشكل ١-٢): تجربة (يوري-ميلر) عام ١٩٥٣ م.

(A) خط التخلية. (B) مساري كهربائية عالية التوتر. (C) مكثف يجري فيه الماء البارد. (D) عروة لمنع الرجوع. (E) دورق لغلي الماء وجمع نواتج التفاعل. (F) أنبوب محكم الإغلاق، يُكسر فيما بعد لإخراج نواتج التفاعل من أجل تحليلها.

في التجارب اللاحقة تم نقل المسرى الكهربائي للأعلى إلى داخل الدورق العلوي، وأضيف صنوبر لسحب نواتج التفاعل إلى عروة منع الرجوع، وتُظهر أغلب الكتب المنهجية رسومات تحوي هذه التعديلات.

## تصوّر أوبارين وهالدين للتطور الكيميائي

تعتمد المرحلة الأولى في تصوّر أوبارين وهالدين للتطور الكيميائي -أي إنتاج وحدات البناء الكيميائية للحياة بواسطة البرق- بشكل أساسي على تركيب الغلاف الجوي، ويحوي الجو الحالي للأرض حوالي ٢١% من غاز الأكسجين، وقد اعتدنا على اعتبار الغلاف الجوي الغني بالأكسجين ضروريًا للحياة ودونه سيكون الموت أمامنا حتمًا، لكن على النقيض من هذا الوضع، لا يمكن أبدًا أن تتشكل وحدات بناء الحياة في هذا الجو الغني بالأكسجين.

نحتاج ككائنات حية إلى الأكسجين لأنّ خلايانا تنتج الطاقة عبر التنفس الهوائي رغم أنّ بعض البكتريا لاهوائية ويمكنها العيش دون أكسجين-، وفي المحصلة تستخدم الكائنات الحية الهوائية الأكسجين لتوليد الطاقة من حرق المركبات العضوية بطريقة تشبه كثيرًا استخدام محركات السيارات للأكسجين لتخرج الطاقة من البنزين، لكنّ أجسامنا يجب أن تصنع مركبات عضوية أيضًا، وإلا فإننا لن ننمو أو نشفى من الأمراض أو نتكاثر، والتنفس الذي يكسر المركبات

العضوية هو العملية المعاكسة لتصنيع هذه المركبات. يسمي الكيميائيون عملية التنفس (أكسدة) وعملية التصنيع (اختزال/إرجاع).

وليس مستغرباً أن يكون الأكسجين الضروري للتنفس مفسداً في الغالب لعملية تصنيع المركبات العضوية، إن شرارة كهربائية داخل عبوة مغلقة تحوي غاز المستنقعات -الميثان- ربما تُنتج بعض المركبات العضوية، لكن بوجود قليل من الأكسجين سوف تُحدث الشرارة انفجاراً، وكما يُحجَبُ غاز الميثان عن حدث الانفجار بوضعه في عبوة مغلقة خالية من الأكسجين، نجد أن بعض أجزاء الخلايا الحية تزيح الأكسجين بعيداً عن عملية تصنيع المواد العضوية، إذ قد يسبب وجود الأكسجين الحر في المكان الخطأ ضرراً صحياً، ولذلك ينصح بعض خبراء التغذية بتناول المزيد من الفيتامينات المضادة للأكسدة.

وبسبب احتمال ما يلحقه الأكسجين الحُرّ من فساد بالعديد من المركبات العضوية، يضطر الكيميائيون غالباً عند تصنيع أو تخزين المركبات العضوية في المختبرات إلى إزالة الأكسجين واستخدام أوعية مغلقة، أما في فترة ما قبل نشوء الحياة عندما لم يكن هناك كيميائيون أو مختبرات، فمن المستحيل أن تتكون وحدات البناء الكيميائية للحياة إلا في بيئة طبيعية خالية من الأكسجين، ولذلك السبب اعتبر أوبارين وهالدين أن الغلاف الجوي الأولي للأرض كان خالياً من الأكسجين.

يوصف الجو الحالي للأرض بأنه مؤكسد قوي، لذلك افترض أوبارين وهالدين الوضع المعاكس تماماً: جو أرضي مختزل (مرجع) بشدة وغني بالهيدروجين، وافترضوا أنّ الجوّ الأرضيَّ الأوَّليَّ مؤلف بدقة من خليط غاز الميثان (هيدروجين مرتبط مع الكربون) والأمونيا أو النشادر (هيدروجين مرتبط مع النيتروجين) وبخار ماء



(هيدروجين مرتبط مع أكسجين) وغاز الهيدروجين. وتكهن أوبارين وهالدين أن البرق سيقوم تلقائيًا في هذا الجو المفترض بإنتاج المركبات العضوية التي تحتاجها الخلايا الحية.

## تجربة يوري وميلر

من المعقول في ذلك الزمن افتراض وجود غلافٍ غازيٍّ أوليٍّ للأرض شديد الاختزال، إذ اعتقد العلماء أن الأرض في أولها تكونت من تكثف سحابة من الغبار والغاز الموجود بين النجوم، ولذلك فمن المنطقي تبني افتراض أن تركيب الغلاف الجوي الأولي للأرض يشبه تركيب الغازات ما بين النجوم وهي غازات يتكون معظمها من الهيدروجين، واستنتج الكيميائي هارولد يوري Harold Urey الحائز على جائزة نوبل، أن الجو الأولي للأرض تكون بصفة أساسية من الهيدروجين والميثان والأمونيا وبخار الماء، وذلك في عام ١٩٥٢م، بما يوافق تمامًا ما افترضاه أوبارين وهالدين في العشرينيات.

قام ستانلي ميلر Stanley Miller وهو طالب متخرج يدرس الدكتوراه بإشراف يوري في جامعة شيكاغو، باختبار عملي لصحة فرضية (أوبارين وهالدين) فأعد جهازًا زجاجيًا مغلقًا في مختبر أستاذه يوري، وفرغه من الهواء ووضع فيه بدلًا من الهواء مزيجًا من الميثان والأمونيا والهيدروجين والماء (لو أنه أبقى الهواء لفسدت التجربة وحدث انفجار، ولكانت النهاية)، ثم سخن ميلر الماء، وجعل خليط الغازات يمر على شرارة كهربائية عالية الفولتاج ليحاكي البرق (الشكل ٢-١).

وبعد أسبوع من استمرار التجربة كتب ميلر تقريرًا ذكر فيه أن الماء تعكر وتحول لونه إلى الأحمر الداكن، ثم أخرج عينة من المحلول النهائي وحلله كيميائيًا،

فاكتشف فيه العديد من المركبات العضوية منها الغليسين والآلانين، وهما أبسط حمضين أميين في البروتينات، وكانت معظم نواتج التفاعل موادًا عضوية بسيطة لا تُصنع في الكائنات الحية.

نشر ميلر نتائج تجربته المبدئية عام ١٩٥٣م، وبإعادة التجربة من قِبَل ميلر وغيره أمكن الحصول على مردود ضئيل من معظم الأحماض الأمينية الهامة حيويًا، بالإضافة لبعض المركبات العضوية التي توجد في الكائنات الحية، وهكذا صارت تجربة يوري وميلر تأكيدًا لفرضية أوبارين وهالدين حول الظروف الأولية لنشأة الحياة، ولكن منذ الستينيات بدأ علماء كيمياء الأرض (الجيوكيميائيين) بالتشكيك في هذا التصور المقترح من قبل أوبارين وهالدين للظروف الأولية للغلاف الجوي القديم.

## هل كان الجو الأولي للأرض ينقصه الأكسجين بالفعل؟

افترض يوري في عام ١٩٥٢م، أن الجو الأولي للأرض كان له نفس المكونات الموجودة في غازات السحب بين النجوم، على الرغم من أنه نفس العام الذي لاحظ فيه عالم كيمياء الأرض الجيوكيميائي هاريسون براون Harrison Brown، أن وجود الغازات النادرة مثل النيون والأرجون والكريبتون والزينون في جو الأرض أقلّ بمليون مرة من نسبة وجودها في الكون على أقل تقدير، واستنتج أن الأرض بالتأكيد فقدت جوها الأصلي - إن كان لها واحد أصلاً - فورًا بمجرد تكونها.

وفي عقد الستينيات أيضاً أبدى عالم كيمياء الأرض في جامعة برنستون هينريك هولاند Heinrich Holland، وعالم فيزياء الأرض -الجيوفيزياء- في معهد كارنيجي فيليب أبيلسون Philip Abelson، تأييدهما لرؤية براون، واستنتج كل من هولاند وأبيلسون بطريقتين مستقلتين أن الجو الأولي للأرض لم يكن مشتقًا من غازات

بين النجوم، بل من غازات براكين الأرض، ولا يوجد سبب يدفع للاعتقاد بأن البراكين القديمة كانت مختلفة عن البراكين الحالية التي تُنتج أساسًا بخار ماء وثاني أكسيد الكربون ونيروجين وكميات قليلة جدًا من الهيدروجين، فيتسرب الهيدروجين بسبب خفة وزنه—مثل الغازات النادرة—إلى الفضاء، ويؤكد وجود بخار الماء كمكون أولي في الجو الأرضي ووجود بعض الأكسجين أيضًا، إذ يعلم علماء الأرصاد الجوية أن الأشعة فوق البنفسجية الآتية من ضوء الشمس يمكنها أن تحلل بخار الماء في طبقات الجو العليا، وتُدعى هذه العملية (التحلل الضوئي Photo-Dissociation) حيث تنفكك جزيئات الماء إلى هيدروجين وأكسجين، ويتسرب الهيدروجين لخفته إلى الفضاء الخارجي، تاركًا خلفه الأكسجين في الغلاف الجوي (الشكل ٢-٢).

يعتقد العلماء أن معظم الأكسجين في الجو الحالي نتج عن التركيب الضوئي—التخليق الضوئي—، وهي العملية التي تقوم بها النباتات الخضراء لتحويل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى مركبات عضوية وأكسجين، أما التحلل الضوئي للبخار فقد ساهم في تكوين كمية صغيرة من الأكسجين حتى قبل مرحلة بدء التركيب الضوئي، التي انطلقت عند ظهور النباتات، والسؤال: ما كمية الأكسجين الناتج عن التفكيك الضوئي لبخار الماء؟

حاول العالمان مارشال L. C. Marshal وبيركنر L. V. Berkner في تكساس عام ١٩٦٥م أن يبرهنوا على أن الأكسجين الناتج عن التحلل الضوئي للبخار لا يتجاوز واحدًا في الألف من نسبة الأكسجين الحالية في جو الأرض، وربما أقل من ذلك بكثير، وخالفهما عالم فيزياء الأرض برينكمان R. T. Brinkmann—من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا— مصرحًا بأن: "تركيزات ملموسة من الأكسجين ربما تطورت في جو الأرض بكمية قد تصل إلى ربع الكمية الحالية في الغلاف الجوي الحالي،

قبل انطلاق مرحلة التركيب الضوئي من النباتات". ونظرًا لاتساع الجدل في هذه المسائل النظرية فإن الكثير من العلماء سيختارون إما الرأي الأول أو الرأي الآخر، وقد وافق الجيولوجي الأسترالي كارفير J. H. Carver على رؤية برينكمان، بينما اتفق الجيولوجي جيمس كاستنج James Kasting مع رؤية مارشال وبيركنر، والمسألة لم تحل بعد.

لم يكن الدليل من الصخور القديمة حاسمًا في المسألة؛ فبعض الصخور الرسوبية القديمة تحوي يورانينيت Uraninite -أحد مركبات اليورانيوم الفقيرة بالأكسجين-، مما استدل به بعض الجيولوجيين على أن الترسبات ربما حدثت في جو قليل الأكسجين، لكن أشار جيولوجيون آخرون إلى أن اليورانينيت يوجد أيضًا في صخور ترسبت في مرحلة متأخرة يوجد فيها غلاف جوي حديث غني بالأكسجين، استنتجت كميات الأكسجين الموجودة في الجو الأول من الترسبات الغنيّة بكميات من الحديد الأحمر عالي التأكسد، حاول الجيولوجي جيمس واكر James Walker أن يبرهن على أن ظهور هذه الصفائح الحمراء منذ ٢ بليون عام مضى -يشير لبداية وجود الجو المؤكسج-، لكن الصفائح الحمراء توجد أيضًا في صخور أقدم من ٢ بليون عام، وكذلك كتب الجيولوجيان الكنديان مايكل كيمبيرل Michael Kimberl وإيريك ديرموث Erich Dimroth عام ١٩٧٩م يقولان: "إنّ توزّع ترسبات الحديد لا يظهر كدليل مقبول، وإنّ الجو المحتوي على (الأكسجين الحرّ) وجد في كل المراحل الزمنية على امتداد التاريخ الجيولوجي؛ كما تدل صخور رسوبية محفوظة جيدًا".

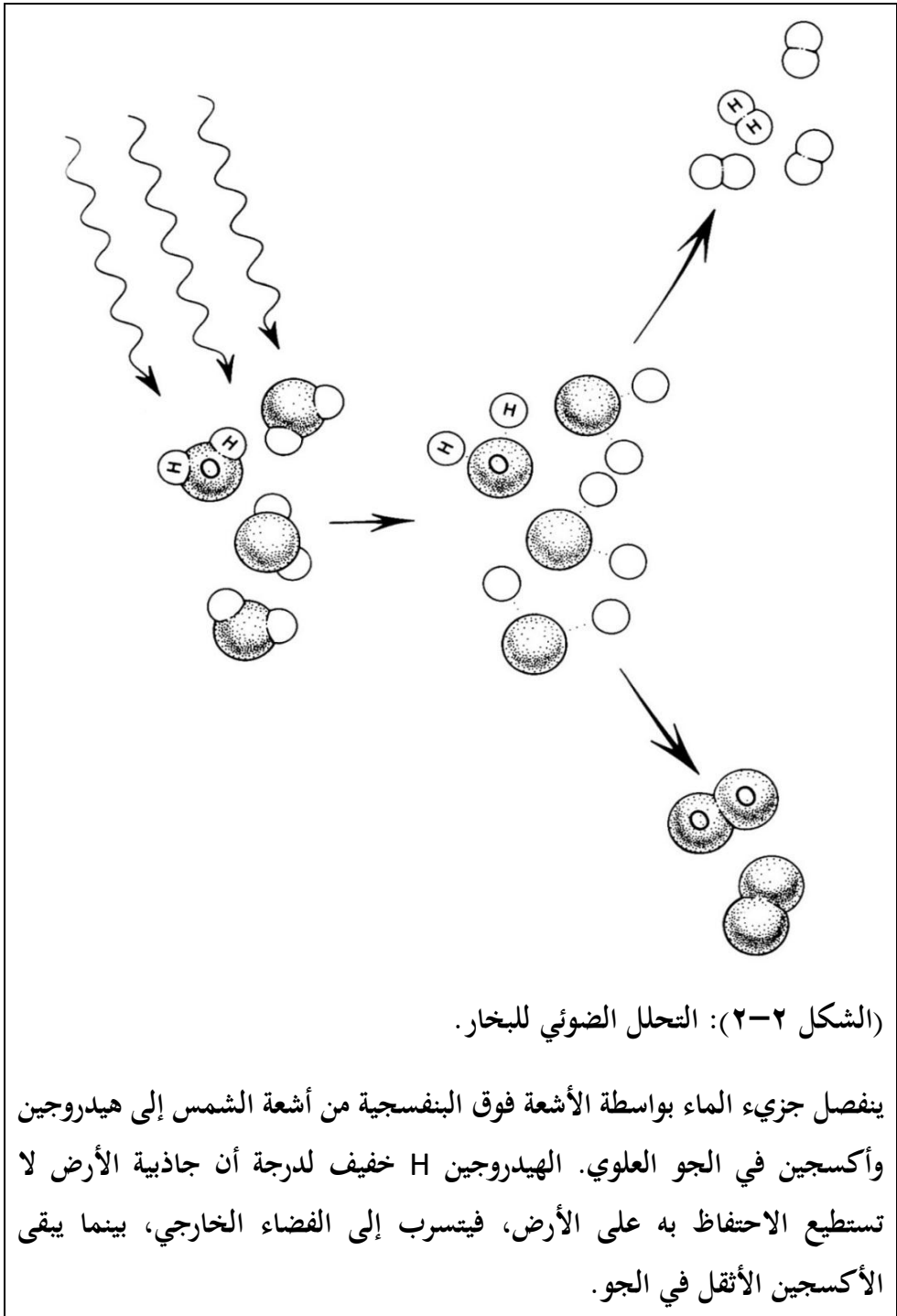
وكذلك استخدم الدليل الكيميائي الحيوي لاستنتاج كمية الأكسجين الأولية، فقد أعلن عالما الأحياء هال Hall ولومسدين Lumsden في عام ١٩٧٥م أن

أنزيم فوق أكسيد الديسموتاز (SuperOxide Dismutase)، تستخدمه الخلايا الحية لتحمي نفسها من التأثير المدمر للأكسجين الموجود، وهذا الإنزيم موجود في الكائنات التي يُظن أن أسلافها وُجدت قبل ظهور التركيب الضوئي، واستنتج العالمان أن الإنزيم قد تطور ليحميها ضد الأكسجين الأولي الناتج عن التحلل الضوئي.

وهكذا فإن النماذج النظرية تشير إلى وجود بعض الأكسجين الأولي، ولكن لا يعرف أحد نسبة وجوده بالضبط، والدليل من الصخور لم يكن حاسماً، كما يثبت الدليل البيوكيميائي أن كمية هامة من الأكسجين قد تكونت بواسطة التحلل الضوئي. ازداد الجدل حول نسبة الأكسجين في الجو الأولي للأرض من عقد الستينيات حتى أوائل عقد الثمانينيات، ثم تلاشى من الواجهة.

## إعلان نهاية الجدل

نشر الباحثان في أصل الحياة، كلاوس دوز Klaus Dose وسيدني فوكس Sidney Fox في عام ١٩٧٧م، تفسيرهما للسبب الرئيسي الكامن وراء القبول الواسع لفكرة افتقار الجو الأولي للأرض لكمية كافية من الأكسجين، فقالا: "إن التجارب الكيميائية المخبرية تُثبت أن التطور الكيميائي -وفق تصور النماذج الحالية- سيثبطه بقوة وجود غاز الأكسجين". وكذلك كتب جيمس واكر James C. G. Walker: "إن أقوى دليل على تركيب الجو الأولي للأرض تقدمه نوعية شروط نشأة الحياة؛ لأنه يلزم وجود جو مختزل -مرجع- كضرورة لتحقيق ذلك".



اتفق المشاركون في مؤتمر (أصل الحياة) في عام ١٩٨٢م - وكان منهم ستانلي ميلر - على فكرة عدم وجود أكسجين حر في الجو الأولي للأرض؛ لأن الشروط المختزلة (المرجعة) ضرورية لتصنيع المركبات العضوية اللازمة لتطور الحياة، وبالمقابل وفي نفس العام كتب الجيولوجيان نيك بادهام Nick Badham وهاري كليمي Harry Clemmey أن الدليل يثبت امتلاك الأرض جوًا مؤكسجًا منذ ظهور الصخور المبكرة - المؤرخة قبل ٣،٧ بليون عام - وصرحا بأنه مجرد ادعاء - أي الاعتقاد بأن جو الأرض الأولي افتقر إلى الأكسجين -.

تعرض الدليلان (الجيولوجي والبيوكيميائي) للإهمال؛ لأن بعض العلماء المنفذين قرروا أن تجربة يوري وميلر فسرت المرحلة الأولى لنشأة الحياة، وبكل بساطة صرحوا بوجود أن يكون الجو الأولي للأرض خاليًا من الأكسجين، وصدق ذلك كليمي وبادهام؛ وهكذا حلت الدوغمائية محل العلم التجريبي.

من المنظور العلمي تضع هذه الدوغمائية العربة أمام الحصان؛ فنجاح تجربة (يوري-ميلر) في تصنيع جزيئات عضوية لا يُغيّر من أن القضية لم تكن حول إمكانية تصنيع المركبات معمليًا، فالكيميائيون يصنعونها بالفعل منذ سنين، وتصنيعها في المعمل سهل رغم الجو العادي المؤكسد بقوة، لأن الكيميائيين ينشئون بيئات محصورة يُنزع ويُطرد الأكسجين منها، أو يُحتفظ به في مستويات منخفضة جدًا، فنجاح تجربة يوري-ميلر لا يثبت غياب الأكسجين من الجو الأولي تمامًا، بنفس القدر الذي لا يثبت فيه نجاح الكيمياء العضوية الحديثة غياب الأكسجين عن الجو الحالي للأرض.

تشير بعض الأدلة الجيولوجية والبيوكيميائية بوضوح إلى وجود الأكسجين في الجو الأولي، ولهذا السبب نجد النقاش الحاد حول هذه القضية بين الجيولوجيين وعلماء الأحياء يمتد من الستينيات إلى أوائل الثمانينيات من القرن العشرين، وفي الواقع تزداد قوة الأدلة على وجود الأكسجين الأولي، فقد راجع الدليل في عام ١٩٩٦م عالم البيولوجيا الأثرية Paleobiologist كينيث توي Kenneth Towe، من معهد (سميثسونيان) -متقاعد حاليًا- واستنتج: "إنه من المرجح جدًا أن تكون الأرض الأولية قد حوت أكسجينًا حرًا".

ويتجاهل المشتغلون بالبحث عن أصل الحياة عادةً الدليل الذي ذكره توي Towe رغم مرور سنين على عرضه، ومن السخرية أن هذا الإهمال المتعسف للأدلة المعارضة لم يكن كافيًا لإنقاذ تجربة (يوري-ميلر)، فرغم اختلاف البيوكيميائيين الكبير حول قضية وجود الأكسجين قديمًا، لكنهم سرعان ما أجمعوا تقريبًا على أن الجو الأولي للأرض كان مختلفًا تمامًا عن الجو الذي صنعه ميلر في تجربته.

## فشل تجربة يوري وميلر بكل المقاييس

استنتج هولاند Holland وأبلسون Abelson -في عقد الستينيات- أن الجو الأولي للأرض كان مصدره الغازات المتصاعدة من البراكين، ويتكون بصورة أساسية من بخار الماء والنتروجين وكميات زهيدة من الهيدروجين، ونظرًا لتسرب معظم الهيدروجين إلى الفضاء الخارجي فلن يوجد ما يكفي منه لاختزال ثاني أكسيد الكربون والنتروجين، وبالتالي لن يوجد الميثان والأمونيا كمكونين أساسيين للجو الأولي للأرض.



مؤكسد (الأرض الحالية)	معتدل (غازات البراكين)	مرجع (أوبارين-هالدين)
نيتروجين	بخار الماء (هيدروجين وأكسجين)	ميثان (كربون وهيدروجين)
أكسجين	ثاني أكسيد الكربون (كربون وأكسجين)	أمونيا أو نشادر (نيتروجين وهيدروجين)
ثاني أكسيد الكربون (كربون وأكسجين)	نيتروجين	هيدروجين
بخار الماء (هيدروجين وأكسجين)	هيدروجين (كميات زهيدة تتسرب للفضاء)	بخار الماء (هيدروجين وأكسجين)
(الشكل ٢-٣): مقارنة بين الجو المؤكسد والمرجع والمتعادل. المكونات مرتبة من الأعلى للأسفل حسب توافرها.		

لاحظ أبيلسون Abelson أيضا أن الأمونيا تمتص الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس؛ ولذلك ستفسد بتأثيرها بسرعة، بل وأبعد من هذا وجود كمية كبيرة من غاز الميثان في الجو الأولي سيجعل الصخور الأقدم تحتوي على نسبة عالية من المركبات العضوية وهذا خلاف ما نشاهده واقعيًا، واستنتج أبيلسون من ذلك: "ما هو الدليل على أن جو الأرض الأولي تألف من ميثان وأمونيا؟ والإجابة هي أنه لا يوجد دليل مؤيد، بل توجد أدلة كثيرة معاكسة. بعبارة أخرى كان سيناريو أوبارين وهالدين خطأ، ولم يكن الجو الأولي خليطًا مختزلًا قويًا كما صورته تجربة ميلر.

وافق علماء آخرون على طرح أبيلسون، وأعلن البيوكيميائي البلجيكي مارسيل فلوركين Marcel Florkin في عام ١٩٧٥م "أن مفهوم الجو الأولي المختزل قد

سقط، وأنَّ (تجربة يوري وميلر) قاصرة جيولوجيًا من وجهة نظر علم الأرض حاليًا". وعلى الرغم من جدال كلاوس دوز Klaus Dose وسيدني فوكس Sidney Fox حول خلو الجو الأولي للأرض من الأكسجين، إلا أنهما اعترفا عام ١٩٧٧م "بأن الجو المختزل لا يبدو حقيقة جيولوجية؛ لأن الدليل يشير إلى أن معظم الهيدروجين الحر ربما اختفى في الفضاء الخارجي، وأن ما تبقى من الميثان والأمونيا قد تأكسد".

ووفقا لفوكس و دوز؛ بالإضافة إلى أن تجربة (يوري وميلر) انطلقت من خليط غازي غير صحيح فهي أيضًا لا تمثل الواقع الجيولوجي الأولي للأرض، إذ لم تتخذ إجراءات لإزاحة غاز الهيدروجين من الجهاز والذي يتراكم أثناء التجربة ليصل إلى ٧٦ ٪ من الخليط، ولكن في الطور المبكر من عُمر الأرض سيكون الهيدروجين قد تسرب إلى الفضاء في الجو القديم. خلص كل من فوكس و دوز إلى القول بأن: "استنتاج عدم وجود علاقة بين تجربة ميلر والحالة الجيولوجية أصبح ينتشر على نطاق واسع".

حازت هذه الرؤية منذ عام ١٩٧٧م على شبه إجماع من علماء كيمياء الأرض، وكما كتب جون كوهين Jon Cohen في مجلة العلوم Science عام ١٩٩٥م يقول: " نبد كثير من الباحثين اليوم في أصل الحياة تجربة عام ١٩٥٣م لأن الجو الأولي للأرض يختلف تمامًا عن الجو المصطنع في تجربة يوري-ميلر".

ولنتجاهل هذه النتائج فربما يدعم الجو الحاوي فقط على بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والنيتروجين نمط الاصطناع وفق نموذج يوري وميلر ولو جزئيًا - طالما أن الأكسجين مستبعد-، إلا أن فوكس و دوز أعلنوا في عام ١٩٧٧م أنه لا يمكن إنتاج أحماض أمينية عند تعريض خليط من هذه الغازات لشرارة كهربائية،

وسجل هنريك هولاند Heinrich Holland عام ١٩٨٤م ملاحظة تفيد بأن كمية الناتج وتنوع المركبات العضوية فيه يقل كثيراً عند إزالة الميثان والأمونيا من الخليط الأولي لتجربة ميلر، ووفقاً لهولاند فإن خليطاً من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والماء لا ينتج أي أحماض أمينية.

في عام ١٩٨٣م أعلن ميلر أنه تمكن مع زميل له من إنتاج كمية صغيرة من الغليسين - وهو أبسط الأحماض الأمينية - وذلك عند تعريض خليط من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون بدلاً من الميثان لشرارة كهربائية، بشرط وجود الهيدروجين الحر، لكنه اعترف بأن الغليسين كان أقصى نجاح يمكن الوصول إليه في غياب الميثان. وفي هذا الشأن كتب جون هورجان John Horgan في مجلة Scientific American عام ١٩٩١م يقول: "إن جواً مكوناً من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين وبخار الماء لن يفضي إلى تصنيع أحماض أمينية". النتيجة واضحة؛ لو أُجريت التجربة باستخدام محاكاة حقيقية لجو الأرض الأولي فلن تنتج شيئاً، ومن ثمَّ وجب على الباحثين عن أصل الحياة أن يبحثوا عن تصور آخر.

## عالم من الرنا RNA

بعد فشل نظرية يوري وميلر في تفسير تشكل البروتينات على الأرض القديمة، نظر الباحثون عن أصل الحياة في احتمال آخر لا يعتبر البروتينات كوحدات جزيئية أولى للحياة، ورأوا أن جزيء الدنا DNA ليس بالاقترح الجيد؛ إذ أنه يحتاج إلى كم معقد من البروتينات لينسخ نفسه ومن ثم يستحيل وجوده قبل وجود البروتينات، ولذلك استُبعد الدنا من أن يكون هو الخطوة الأولية لأصل الحياة.

وكان المقترح البديل جزيء الرنا، وهو مركب يشبه الدنا كيميائياً وتستخدمه كل الخلايا الحية في عملية تصنيع البروتينات، وفي عقد الثمانينات أثبت العالمان البيولوجيان توماس سيش Thomas Cech وسيدني ألتمان Sidney Altman أن في مقدور الرنا أحياناً أن يعمل كإنزيمات، وبالتالي كالبروتينات، واقترح عالم أحياء آخر هو والتر جيلبرت Walter Gilbert أن الحمض النووي الريبي RNA ربما يكون قادراً على تصنيع نفسه في غياب البروتينات، ومن ثم فلعله ظهر للوجود قبل كل من البروتينات والدنا، وهذا العالم من الرنا ربما شكّل مهد الحياة الجزيئية التي انبثقت منها الخلايا الحية.

لكن لم يُفسر أحدٌ كيف وجد الرنا قبل وجود الخلايا الحية التي يصنع فيها، ووفقاً للبيوكيميائي جيرالد جويس Gerald Joyce من معهد سكريبس للأبحاث (Scripps Research Institute) فإن جزيء الرنا ليس مرشحاً مقبولاً ليكون وحدة البناء الأولية للحياة، وعليه فالراجح أنه لم يوجد منه كميات ذات بالٍ في الأرض القديمة. وحتى لو أمكن وجود جزيئات الرنا فإنها لن تدوم طويلاً في ظل الظروف التي مرت بها الأرض في طورها المبكر.

واستنتج (جويس) أن التفسير الأكثر منطقية هو أن الحياة لم تبدأ بالرنا، ورغم أنه مازال يعتقد بوجود عالم من الرنا قبل ظهور عالم الدنا لكنه يؤمن أن وجود نوع ما من الخلايا سبق وجود عالم الرنا، يقول جويس في ١٩٩٨م: "ستضطر إلى تركيب حجة وهمية على حجة وهمية أخرى لتصل إلى اعتبار جزيء الرنا أول جزيء حيوي".

بعبارة أخرى؛ تصل رواية عالم الرنا إلى طريق مسدود كما حدث مع سيناريو (البروتينات أولاً) في تجربة يوري وميلر، فقد عجز الباحثون في مجال أصل الحياة

عن شرح كيفية تكوّن وحدات البناء الجزيئية للحياة على سطح الأرض، وحتى إن نجحوا في اكتشاف أصل وحدات البناء فسيبقى أصل الحياة غامضاً، إذ يستطيع الكيميائي أن يخلط كلّ الوحدات الكيميائية البنائية للحياة في أنبوب اختبار ولن يحصل على خلية حية بالرغم من توافر هذه الجزيئات.

معضلة أصل الحياة عسيرة للغاية، لدرجة أن الباحث الألماني كلاوس دوز Klaus Dose كتب عام ١٩٨٨م يقول بأن النظرية الحالية "عبارة عن مخطط للجهل لا يقدم أي تبصّرات جديدة حول العمليات التطورية.. ومن المرجح أن هذا الجهل سيمكث". ولقد مكث هذا الجهل بالفعل، فقد اعترف ليزلي أورجيل Leslie Orgel من معهد سالك (Salk) في عام ١٩٩٨م أثناء مقارنة البحث العلمي عن أصل الحياة بقصة بوليسية، قائلاً: "إننا بعيدون جدّاً عن معرفة الفاعل"، وكذلك علق الكاتب العلمي نيكولاس ويد Nicholas Wade في مجلة نيويورك تايمز عام ٢٠٠٠م حيث قال: "كل شيء حول أصل الحياة على الأرض غامض، ويبدو أنه كلما ازدادت معرفتنا بالأمر كلما ازدادت صعوبة اللغز".

وهكذا فلا زلنا نجهل تمامًا كيفية نشأة الحياة على الأرض، ويستمر استخدام تجربة يوري وميلر كأيقونة أو دليل لإثبات التطور؛ لأنه لم يظهر شيء أفضل منها بعد، وبدلاً من إطلاع الناس على الحقيقة يتم تغييبنا وخداعنا بادعاء إثبات العلماء تجريبياً لماهية الخطوة الأولى في نشوء الحياة.

## تجربة يوري وميلر كأيقونة من أيقونات التطور

تظهر في عدد مارس ١٩٩٨م من مجلة (ناشيونال جيوغرافيك) صورة لميلر واقفاً إلى جانب الجهاز الخاص بتجربته، تقول حاشية الصورة: "يانشئه ظروفًا مقارنة

لجو الأرض المبكر في تجربة ١٩٥٢م، قام ميلر الموجود حاليًا بجامعة كاليفورنيا بإنتاج أحماض أمينية". ويقول ميلر: "بمجرد تركيب أجزاء الجهاز معًا، فصناعة الأحماض الأمينية أمرٌ هينٌ". وبعد عدّة صفحات من البداية تشرح المقالة: "يخامر الشك العديد من العلماء اليوم في أن الجو الأولي للأرض كان مختلفًا عن الجو الذي افترضه ميلر سابقًا"، لكن الصورة أقوى من ألف كلمة، خاصةً إذا ما استخدم النص في حاشيتها بطريقة مخادعة، ودُفن الحق عميقًا في نص المقال، فحتى القارئ الحذر سيحمل الانطباع بأن تجربة يوري وميلر قد أثبتت مدى سهولة ظهور الحياة على الأرض في طورها المبكر.

تستخدم الكثير من كتب علم الأحياء الأسلوب المخادع ذاته، ففي طبعة ٢٠٠٠م لأحد أكثر كتب علم الأحياء شيوعًا في المدارس الأمريكية الثانوية من تأليف جوزيف ليفين Joseph Levine وكينيث ميلر Kenneth Miller نجد صورة لجهاز تجربة يوري وميلر، وعليها حاشية تقول: "عن طريق إعادة تخليق الجو الأولي للأرض -أمونيا، ماء، هيدروجين، ميثان- ثم تمرير شرارة كهربائية عبر الخليط الغازي، استطاع يوري وميلر أن يُثبتا إمكانية تشكّل المواد العضوية -كالأحماض الأمينية- بطريقه تلقائية، وبمثل الأسلوب الذي مرّ بنا في مقال ناشيونال جيوغرافيك، يُظن كتاب ليفين وميلر في نصّه قدرًا من التنازل، بقولهما أن: "ظنون ميلر حول الجو الأصلي للأرض ربما كانت غير صحيحة". وحتى هذا النص خضع لتخفيف الهجة بإضافة عبارة تدّعي أن تجاريًا أخرى مع خلأط غازية أخرى "قد أنتجت أيضًا مركبات عضوية". ففي كل الأحوال نجد كتب البيولوجيا مصرّة تمامًا على فكرة أن الجو القديم للأرض لم يكن يحتوي غاز الأكسجين.

وفي الكتاب الجامعي (الحياة، علم البيولوجيا Life, The Science Of Biology) الصادر عام ١٩٩٨م، تأليف ديفيد سادافا David Sadava وكريج هيلر Craig Heller وجوردون أوريانز Gordon Orians ووليم برفيز William Purves يقرأ الطلاب: "إنَّ ستانلي ميلر أنتج الوحدات البنائية للحياة مستخدمًا جَوًّا مختزلاً (مرجعا) كالذي وجد قديماً على الأرض الأولية، وأنه لم يوجد الأكسجين الحر في هذا الجو الأولي". ولا يشير الكتاب مطلقاً إلى أن معظم العلماء اليوم يعتقدون أن تجربة يوري وميلر قد فشلت في محاكاة الظروف الفعلية للأرض القديمة.

حتى في كُتب علم الأحياء الجامعية المتقدمة يتم تحريف الحقيقة؛ ففي إصدار عام ١٩٩٨م لكتاب دوجلاس فوتوياما Douglas Futuyma (البيولوجيا التطورية Evolutionary Biology) يتضمن رسماً للجهاز الذي استخدمه ميلر لتصنيع مركبات عضوية بمحاكاة جو الأرض المبكر، وغاية ما ذكره كتاب فوتوياما بخصوص الخلاف حول وجود الأكسجين الأولي هو: "في زمن بداية الحياة خلا الجو فعلياً من الأكسجين". وفي النسخة الأخيرة من كتاب (البيولوجيا الجزيئية للخلية Molecular Biology Of The Cell) وهو كتاب لمستوى طلاب الدراسات العليا المتخرجين، قام رئيس الأكاديمية الوطنية للعلوم بروس ألبرتس Bruce Alberts ورفاقه بإبراز جهاز يوري وميلر، واصفاً إياه بأنه "تجربة نموذجية تُحاكي الظروف التي وجدت على الأرض في طورها الأولي". بينما يؤكد النص المرافق لصورة جهاز ميلر: "من المرجح أن تكون الجزيئات العضوية قد نتجت في مثل هذه الظروف، وأفضل دليل على ذلك يأتي من التجارب المعملية".

ثم يأتي كتيب الأكاديمية الوطنية للعلوم الصادر عام ١٩٩٩م ليُبقِي على هذا التحريف، قائلاً: "إنَّ التجارب التي أُجريت في ظروف محاكية لتلك التي على الأرض

الأولية قد أنتجت بعض المكونات الكيميائية للبروتينات". هذا الكتيب يتضمن مقدمة بروس ألبرتس (كما رأينا في المقدمة) والتي أكد فيها أنه "لا يمكن للعلم أن يتعايش مع الأكاذيب".

إن هذا الأمر مقلق أكثر من إساءة استخدام تجربة يوري وميلر من قبل مجلة ناشيونال جيوغرافيك أو من قبل مراجع دراسية في علم الأحياء، فالأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم هي المنظمة العلمية الرئيسية في أمريكا، وقد كُلفت من الكونغرس عام ١٨٦٣م بتقديم المشورة العلمية للحكومة، وتضم الكثير من أفضل العلماء في أمريكا، فهل يقرُّون حقًا تضليل الجمهور حول أدلة التطور؟ أم أن هذا يحدث دون معرفة الأعضاء؟ وما هو رأي الشعب الأمريكي؟

وكما سنرى في الفصول القادمة، فالكتيبات الصادرة مؤخرًا عن الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم تحوي أيضًا عبارات أخرى مخادعة ومزيفة حول التطور، ومن المؤكد أننا لا نتعامل هنا مع خطأ معين قد وقع فيه مرجع ما بشكل معزول، فالتأثيرات على العلوم الأمريكية شديدة وواسعة جدا.

كتب الكيميائي روبرت شابيرو Robert Shapiro في عام ١٩٨٦م كتابًا ينتقد الكثير من الجوانب في أبحاث أصل الحياة، وبالأخص وجّه انتقاده لمحاولات إقناع الناس بأن تجربة يوري وميلر تثبت أن الجو الأولي للأرض كان مختزلًا (مرجعًا) قويًا، حيث قال: "لقد وصلنا إلى وضع يتقبل معه بعض الناس نظريةً ما على أنها حقيقة، ويتم معه نبذ الدليل المحتمل المضاد". وخلص من ذلك إلى أن الأمربات "خرافة لا علما".

فهل ندرس لطلاب علم الأحياء أساطير أم علما؟



## ملحق (أ)

### تقييم لعشرة مراجع بيولوجية في استعمالهم لبعض أيقونات التطور

المرجع:	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
تجربة (يوري-ميلر)	D	D	F	F	D	F	D	F	F	F
شجرة الحياة لداروين	F	D	D	F	F	F	F	F	F	F
التشابه في أطراف الفقاريات	D	D	D	D	F	F	D	F	D	D
أجنة هيكل	F	D	F	F	F	D	F	F	F	F
أركيوتركس	C	B	D	D	D	F	D	F	F	F
العثُ الإنجليزي المنقط	X	n/a	D	F	F	F	F	D	F	F
عصافير داروين	F	D	D	X	D	F	F	D	F	F
التقييم النهائي	D-	D+	D-	F	F	F	F	F	F	F

X = لا تحتوي على الصورة، ولكن تعيد نفس القصة في النص بدون انتقاد.

n/a = لا يحتوي الكتاب على صور أو ذكر لهذه الأيقونة.

التقييم النهائي هو متوسط لدرجات مبنية على النحو التالي:

A= 4, B= 3, C= 2, D=1, F=0, X= 1/2.

قائمة المراجع (جميع الكتب منشورة في ١٩٩٨ أو بعد ذلك، ومرتببة أبجدياً حسب

اسم المؤلف الأخير):

1. Alton Biggs, Chris Kapicka & Linda Lundgren, *Biology: The Dynamics of Life* (Westerville, OH: Glencoe/McGraw-Hill,

1998). ISBN 0-02-825431-7

2. Neil A. Campbell, Jane B. Reece & Lawrence G. Mitchell, *Biology*, Fifth Edition (Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1999).

ISBN 0-8053-6573-7

3. Douglas J. Futuyma, *Evolutionary Biology*, Third Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998).

ISBN 0-87893-189-9

4. Burton S. Guttman, *Biology*, (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999).

ISBN 0-697-22366-3

5. George B. Johnson, *Biology: Visualizing Life*, Annotated Teachers Edition (Orlando, FL: Holt, Rinehart & Winston, 1998).

ISBN 0-03-016724-8

6. Sylvia Mader, *Biology*, Sixth Edition (Boston: WCB/ McGraw-Hill, 1998).

ISBN 0-697-34080-5

7. Kenneth R. Miller & Joseph Levine, *Biology*, Fifth Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2000).

ISBN 0-13-436265-9

8. Peter H. Raven & George B. Johnson, *Biology*, Fifth Edition (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999).

ISBN 0-697-35353-2

9. William D. Schraer & Herbert J. Stoltze, *Biology: The Study of Life*, Seventh Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999).

ISBN 0-13-435086-3

10. Cecie Starr & Ralph Taggart, *Biology: The Unity and Diversity of Life*, Eighth Edition (Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, 1998).

ISBN 0-534-53001-X

## ملحق (٢)

# تحذيرات مقترحة للمراجع البيولوجية المدرسية

تمتلى مناهج علم البيولوجيا بكنز من المعلومات القيمة، وإن مجرد تحريف الأدلة لصالح التطور فيها لا يعني أن كل شيء تدرسه غير صحيح، حيث يمكن أن تستخدم هذه الكتب -بل يجب- ريثما يُخرج لنا الناشرون كتبًا مصححة. وفي غضون ذلك يجب أن ينبه الطلاب عند الضرورة أن كتبهم تحرف الحقائق، ويمكن استخدام ملصقات مثل التي أدرجتها هنا لهذا الغرض، ولكن يجب أن يتم هذا بيد مؤلف الكتاب أو تحت إشرافه:

تحذير: قد لا تحاكي تجربة يوري ميلر جو الأرض الأولي ولا تبين كيف انتظمت لبنات الحياة معًا.

تحذير: لا تلائم شجرة الحياة التي صنعها داروين السجل الأحفوري للانفجار الكامبري، والدليلُ الجزيئي لا يدعم سمة نظام شجرة حياة متفرعة بسيطة.

تحذير: إذا عُرِفَ التناظر على أنه "تشابه نظرًا لوجود سلف مشترك"، فلا يمكن استخدامه كدليل على السلف المشترك، ومهما كان سببه فإنه بالتأكيد ليس الجينات المتشابهة.

تحذير: هذه الصور تجعل أجنة الفقاريات أكثر تشابهاً مما تبدو عليه في الحقيقة، وليس صحيحاً أن أجنة الفقاريات أشد تشابهاً في المراحل الأولى.

تحذير: الأركيوبتركس ليس سلف الطيور الحديثة على الأرجح، وإنما سلفها لا يزال موضع خلاف عميق، والبحث مستمر عن روابط مفقودة.

تحذير: العث المنقط لا يستقر على جذوع الأشجار في البرية، والصور التي تظهرها على جذوع الأشجار هي صور مفبركة، إن تجارب كتلويل موضع شك الآن.

تحذير: لم تلهم عصافير الغالاباغوس داروين بفكرة التطور، والانتقاء الطبيعي المتأرجح على مناقيرها لا يُنتج أي تغير حقيقي ملحوظ.

تحذير: ذبابت الفاكهة رباعية الأجنحة مُنسلةٌ صناعياً، وأجنحتها الإضافية تفتقر إلى العضلات. هذه الكائنات المشوهة ليست المواد الخام للتطور.

تحذير: لا تبرر الأدلة التي تظهرها أحافير الأحصنة الادّعاء بأن تطورها لم يكن موجهاً، وهو ادّعاء يعتمد على الفلسفة المادية بدلاً من الاعتماد على العلم التجريبي.

تحذير: إن النظريات حول أصول الانسان غير موضوعية وهي موضع جدل، وتعتمد على أدلة قليلة، وكل الرسومات عن (الأسلاف) افتراضية.

## المراجع

ملحوظة: نظرًا لأن جميعا الإحالات هي لكتب ومراجع غير مترجمة للعربية، فقررنا عدم ترجمة الكلمات البينية المذكورة في طيات الكلام، حيث لن يفيد هذا الجزء غير الملم بالإنجليزية.

### **Chapter 1: Introduction**

The opening quotations are from Linus Pauling, *No More War!* (New York: Dod, Mead & Company 1958), p. 209; Bruce Alberts, "Science and Human Needs," address delivered to the 137th Annual Meeting of the National Academy of Sciences, Washington, DC, May 1, 2000, which can be found online at [www4.nationalacademies.org/nas/na](http://www4.nationalacademies.org/nas/na); Roger Lewin, *Bones of Contention*, Second Edition (Chicago: The University of Chicago Press, 1997), p. 318.

### **The discipline of science**

The quotations from the National Academy of Sciences booklet on the nature of science are from *Teaching About Evolution and the Nature of Science* (Washington, DC: National Academy Press, 1998); the order in which they appear here is Chapter 5, p. 5; Chapter 4, p. 8; Chapter 3, p. 10. The booklet is available online at [www.nap.edu/readingroom/books/evolution98](http://www.nap.edu/readingroom/books/evolution98).

The Bacon reference is a paraphrase of Francis Bacon, *Novum Organum, or True Suggestions for the Interpretation of Nature, Aphorisms*, Book I, p. 129.

### **The need for public scrutiny**

The quotations by and about Jefferson are from the National

Academy's Teaching About Evolution and the Nature of Science (1998), Preface, p. 1. The Graham quotation is from U.S. District Judge James Graham, "Government Shouldn't Choose Sides in Evolution Debate," The Columbus [Ohio] Dispatch (May 13, 2000), p. 11A.

What is evolution?

Quotations from the National Academy's 1998 booklet that deal with the meaning of evolution are from Chapter 5, p. 1. Despite the prestigious auspices under which they wrote, the authors of the National Academy booklet employed the usual evasions in their defense of evolution. For example: "Evolution in its broadest sense explains that what we see today is different from what existed in the past?" And: "There is no debate within the scientific community over whether evolution occurred, and there is no evidence that evolution has not occurred." (Chapter 5, p. 1; Chapter 1, p. 3)

Biology students are sometimes encouraged to respond to critics of Darwinian evolution by evading the issue: "When you hear someone wonder about whether 'evolution' takes place," wrote Cecie Starr and Ralph Taggart in their 1998 biology textbook, "remind yourself that evolution simply means genetic change through time. Selective breeding practices provide abundant, tangible evidence that heritable changes do, indeed, occur" From Cecie Starr and Ralph Taggart, *Biology: The Unity and Diversity of Life*, Eighth Edition (Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, 1998), p. 281. (emphasis in the original)

In this and subsequent chapters, all citations to Darwin's *Origin of Species* and *The Descent of Man* are from the Modern Library Reprint Edition (New York: Random House, 1936). There were six editions of *The Origin of Species* from 1859 to 1872, and differences among them reveal interesting things about Darwin's intellectual journey, but (except for a brief reference in the chapter on Haeckel's embryos) this book does not deal with them. Since page numbers

vary from edition to edition, all citations in this book list the chapter as well as page number. The quotations in this Introduction (in the order in which they appear) are from *The Origin of Species*, Conclusion (Chapter XV), p. 373; Introduction, p. 14.

### **Icons of evolution**

The Stephen Jay Gould quotation is from *Wonderful Life* (New York: W. W. Norton, 1989), p. 28. This is part of the epigraph at the beginning of this book.

### **Chapter 2: The Miller-Urey Experiment**

Charles Darwin's comment about the "warm little pond" was in an 1871 letter, reprinted in Francis Darwin (editor), *The Life and Letters of Charles Darwin* (New York: D. Appleton, 1887), Vol. 2, p. 202. See also A. I. Oparin, *Origin of Life* (Moscow, 1924; translated by S. Morgulis and published by Macmillan in 1938); J.B.S. Haldane, *Rationalist Annual* 148 (1928), pp. 3-1D.

### **The Miller-Urey experiment**

Harold Urey, "On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 38 (1952), pp. 351-363; Stanley Miller, "A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions," *Science* 117 (1953), pp. 528-529. See also Stanley Miller and Harold Urey, "Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth," *Science* 130 (1959), pp. 245-251.

### **Did the primitive atmosphere really lack oxygen?**

On the source of the Earth's primitive atmosphere, see Harrison Brown, "Rare Gases and the Formation of the Earth's Atmosphere," pp. 258-266 in Gerard P. Kuiper (editor), *The Atmospheres of the Earth and Planets*, Revised Edition (Chicago: The University of Chicago Press, 1952); Heinrich D. Holland, "Model for the Evolution of the Earth's Atmosphere," pp. 447-477 in A. E. J. Engel, Harold L

James, and B. 8 Leonard (editors), *Petrologic Studies, A Volume in Honor of A. E Buddington* (Geological Society of America, 1962), pp. 448-449; Philip H. Abelson, "Chemical Events on the Primitive Earth," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 55 (1966), pp. 1365-1372.

For arguments based on theoretical consequences of photodissociation, see L. V. Berliner and L. C. Marshall, "On the Origin and Rise of Oxygen Concentration in the Earth's Atmosphere," *Journal of the Atmospheric Sciences* 22 (1965), pp. 225-261; R. T. Brinitmann, "Dissociation of Water Vapor and Evolution of Oxygen in the Terrestrial Atmosphere," *Journal of Geophysical Research* 74 (1969), pp. 5355-5368; J. H. Carver, "Prebiotic atmospheric oxygen levels," *Nature* 292 (1981), pp. 136-138; James F. Kasting, "Earth's Early Atmosphere," *Science* 259 (1993), pp. 920-926. On the uraninite evidence, see P. Ramdohr, "New observations on the ores of the Witwatersrand in South Africa and their genetic significance," *Transactions of the Geological Society of South Africa (Annexure)* 61 (1958), pp. 1-50; P. R. Simpson and J. E. W. Bowles, "Uranium mineralization of the Witwatersrand and Dominion Reef systems," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 286 (1977), pp. 527-548; D. E. Grandstaff, "Origin of the Uraniferous Conglomerates at Elliot Lake, Canada and Witwatersrand, South Africa: Implications for Oxygen in the Precambrian Atmosphere," *Precambrian Research* 13 (1980), pp. 1-26. See also James C. G. Walker, Cornelis Klein, Manfred Schidlowski, J. William Schopf, David L. Stevenson, and Malcolm R. Walter, "Environmental Evolution of the Archean—Early Proterozoic Earth," pp. 260-290 in J. William Schopf (editor), *Earth's Earliest Biosphere* (Princeton: Princeton University Press, 1983). On the significance of iron deposits, see James C. G. Walker, *Evolution of the Atmosphere* (New York: Macmillan, 1977), p. 262; Erich Dimroth and Michael M. Kimberly, "Precambrian atmospheric oxygen: evidence in the sedimentary distributions of carbon, sulfur, uranium, and iron,"



Canadian Journal of Earth Sciences 13 (1976), pp. 1161-1185.

On the biochemical evidence, see J. Lumsden and D. O. Hall, "Superoxide dismutase in photosynthetic organisms provides an evolutionary hypothesis," *Nature* 257 (1975), pp. 670-672. See also Kenneth M. Towe, "Early Precambrian oxygen: a case against photosynthesis," *Nature* 274 (1978): 657-661; Robert M. Schwartz & Margaret O. Dayhoff, "Origins of Prokaryotes, Eucaryotes, Mitochondria, and Chloroplasts," *Science* 199 (1978), pp. 395-403. Controversy over the biochemical evidence has continued; see, for example, Jose Castresana and Matti Saraste, "Evolution of energetic metabolism: the respiration-early hypothesis," *Trends in Biochemical Sciences* 20 (1995), pp. 443-448.

### **Declaring the controversy over**

For arguments that the Miller-Urey experiment justifies assuming that the primitive atmosphere lacked oxygen, see Sidney W. Fox and Klaus Dose, *Molecular Evolution and the Origin of LA* Revised Edition (New York: Marcel Dekker, 1977), p. 44; James C. G. Walker, *Evolution of the Atmosphere* (New York: Macmillan, 1977), p. 224; S. M. Awramik et al., "Biogeochemical Evolution of the Ocean-Atmosphere System State of the Art Report," pp. 309-320 in H. D. Holland and M. Schidlowski (editors), *Mineral Deposits and the Evolution of the Biosphere* (Berlin: Springer-Verlag, 1982), p. 310. For the comment on "dogma" see Harry Clemmey and Nick Badham, "Oxygen in the Precambrian atmosphere: An evaluation of the geological evidence," *Geology* 10 (1982), pp. 141-146; Tome's comment is from Kenneth M. Towe, "Environmental Oxygen Conditions During the Origin and Early Evolution of Life," *Advances in Space Research* 18 (1996), pp. (12)7—(12)15.

For a review of the controversy over primitive oxygen levels, see Charles B. Thaxton, Walter L. Bradley, and Roger L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories* (Dallas, TX: Lewis and Stanley, 1984), Chapter 5.

## **The Miller-urey experiment fails anyway**

Heinrich D. Holland, "Model for the Evolution of the Earth's Atmosphere," pp. 447-477 in A. E. J. Engel, Harold L. James and B. E. Leonard (editors), *Petrologic Studies: A Volume in Honor of A. F. Buddington* (Geological Society of America, 1962), pp. 448-449; Philip H. Abelson, "Chemical Events on the Primitive Earth," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 55 (1966), pp. 1365-1372.

For growing skepticism about a primitive reducing atmosphere, see Marcel Florin, "Ideas and Experiments in the Field of Prebiological Chemical Evolution," *Comprehensive Biochemistry* 29B (1975), pp. 231-260; Sidney W. Fox and Klaus Dose, *Molecular Evolution and the Origin of Life*, Revised Edition (New York: Marcel Dekker, 1977), pp. 43,74-76. See also James F. Kasting, "Earth's Early Atmosphere," *Science* 259 (1993), pp. 920-926; Jon Cohen, "Novel Center Seeks to Add Spark to Origins of Life," *Science* 270 (1995), pp. 1925-1926; Heinrich D. Holland, *The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans* (Princeton: Princeton University Press, 1984), pp. 99-100; Gordon Schlesinger and Stanley L. Miller, "Prebiotic Synthesis in Atmospheres Containing CH<sub>4</sub>, CO, and CO<sub>2</sub>: I. Amino Acids," *Journal of Molecular Evolution* 19 (1983), pp. 376-382; John Horgan, "In the Beginning...", *Scientific American* (February 1991), pp. 116-126; Joel Levine, "The Photochemistry of the Early Atmosphere," pp. 3-38 in Joel Levine (editor), *The Photochemistry of Atmospheres* (Orlando, FL: Academic Press, 1985), Pp. 12-14.

## **An RNA world?**

On the history of the RNA world hypothesis, see Kelly Kruger, Paula J. Grabowski, Arthur J. Zaugg, Julie Sands, Daniel E. Gottschling, and Thomas R. Cech, "Self-Splicing RNA: Autoexcision and Autocyclization of the Ribosomal RNA Intervening Sequence of *Tetrahymena*," *Ce1131* (1982), pp. 147-157; Cecilia Guerrier-Takada, Katheleen Gardiner, Terry Marsh, Norman Pace, and Sidney

Altman, "The RNA Moiety of Ribonuclease P is the Catalytic Subunit of the Enzyme," *Cell* 35 (1983), pp. 849-857; Walter Gilbert, "The RNA world," *Nature* 319 (1986), p. 618. On why RNA could not have been the first biomolecule, see Klaus Dose, "The Origin of Life: More Question than Answers," *Interdisciplinary Science Reviews* 13 (1988), pp. 348-356; Robert Shapiro, "Prebiotic Ribose Synthesis: A Critical Analysis," *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 18 (1988), pp. 71-85; Norman Pace, "Origin of Life—Facing Up to the Physical Setting," *Cell* 65 (1991), pp. 531-533; Leslie Orgel, "The origin of life—a review of facts and speculations," *Trends in Biochemical Sciences* (1998), pp. 491-495; Robert Shapiro, "Prebiotic cytosine synthesis: A critical analysis and implications for the origin of life," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96 (1999), pp. 4396-4401. The Joyce quotations are from Gerald F. Joyce, "RNA evolution and the origins of life," *Nature* 338 (1989), pp. 217-224; Robert Trion, "RNA Can't Take the Heat," *Science* 279 (1998), p. 1303.

Quotations about the current state of origin-of-Life research are from Klaus Dose, "The Origin of Life: More Questions Than Answers," *Interdisciplinary Science Reviews* 13 (1988), pp. 348-356; Leslie E. Orgel, "The origin of life: a review of facts and speculations," *Trends in Biochemical Sciences* 23 (1998), pp. 491-495; Nicholas Wade, "Life's Origins Get Murkier and Messier," *The New York Times* (Tuesday, June 13, 2000), pp. D1-D2. See also Gordon C. Mills, Malcolm Lancaster, and Walter L. Bradley, "Origin of Life and Evolution in Biology Textbooks—A Critique," *The American Biology Teacher* 55 (February, 1993), pp. 78-83.

### **The Miller-Urey experiment as an icon of evolution**

Magazine and textbook quotations are from Richard Monastersky, "The Rise of Life on Earth," *National Geographic* 193 (March 1998), pp. 54-81; Kenneth R. Miller and Joseph Levine, *Biology*, Fifth Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2000), pp. 343-344;

William K. Purves, Gordon H. Orians, H. Craig Heller, and David Sadava, *Lift: The Science of Biology*, Fifth Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), Vol. 2, pp. 519-520; Douglas J. Putuyma, *Evolutionary Biology*, Third Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), pp. 167, 169; Bruce Alberts et al., *Molecular Biology of the Cell*, Third Edition (New York: Garland Publishing, 1994), p. 4.

The quotation from the National Academy of Sciences booklet is in *Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences*, Second Edition (Washington, DC: National Academy Press, 1999), Chapter on "The Origin of the Universe, Earth, and Life," p. 2.

The "mythology" criticism is from Robert Shapiro, *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth* (New York: Summit Books, 1986), p. 112.

### **Chapter 3: Darwin's Tree of Life**

Darwin, *The Origin of Species*, Chapter XV, pp. 373, 370; Chapter IV, pp. 99-100; Chapter XV, pp. 370, 373; Figure 3-1 is from Chapter IV, p. 87. The Mayr quotation is from Ernst Mayr, *One Long Argument* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991), p. 24.

#### **Darwin's tree of Life**

Darwin, *The Origin of Species*, Chapter IV, pp. 99, 90, 91, 92-93; Chapter 15, p. 361.

#### **Darwin and the fossil record**

Darwin, *The Origin of Species*, Chapter X, pp. 252, 254, 255, 239.

#### **The Cambrian explosion**

On three billion year-old microfossils, see J. William Schopf, and Bonnie M. Packer, "Early Archean (3.3-Billion to 3.5-Billion-Year-Old) Microfossils from Warrawoona Group, Australia," *Science* 237 (1987), pp. 70-73.

On Ediacaran fossils, see Martin F. Glaessner, *The Dawn of Animal Life* (Cambridge: Cambridge University Press, 1984); Adolf Seilacher, "Late Precambrian and Early Cambrian Metazoa: preservational or real extinctions?" pp. 159-168 in H. D. Holland, and A. F. Trendall (editors), *Patterns of Change in Earth EV01116051* (Berlin: Springer Verlag, 1984); Gregory J. Retallak, "Were the Ediacaran fossils lichens?" *Paleobiology* 20 (1994), pp. 523-544; Stephen Jay Gould, *Wonderful Life* (New York: W. W. Norton, 1989), pp. 58-59; Simon Conway Morris, *The Crucible of Creation* (Oxford: Oxford University Press, 1998), p. 30.

On the interpretation of Ediacaran fossils, see also James W. Valentine and Douglas H. Erwin, "Interpreting Great Developmental Experiments: The Fossil Record," pp. 71-107 in Rudolf A. Raff and Elizabeth C. Raff (editors), *Development as an Evolutionary Process* (New York: Alan R. Liss, 1987). On the dating of the Ediacaran assemblage, see John P. Grotzinger, Samuel A. Bowring, Beverly Z. Saylor, and Alan J. Kaufman, "Biostratigraphic and Geochronologic Constraints on Early Animal Evolution," *Science* 270 (1995), pp. 598-604.

Stephen Jay Gould's *Wonderful Life* and Simon Conway Morris's *The Crucible of Creation* recount the story of the discovery and re-analysis of the Burgess Shale fossils. See also Harry B. Whittington, *The Burgess Shale* (New Haven, CT: Yale University Press, 1985); and Simon Conway Morris and H. B. Whittington, "The Animals of the Burgess Shale," *Scientific American* 241 (July, 1979), pp. 122-133. For some recent reports of Chengjiang fossils, see D-G. Shu, H-L. Luo, S. Conway Morris, X-L. Zhang, S-X. Hu, L. Chen, J. Han, M. Zhu, Y. Li, and L-Z. Chen, "Lower Cambrian vertebrates from south China," *Nature* 402 (1999), pp. 42-46; Jun-Yuan Chen, Di-Ying Huang and Chia-Wei Li, "An early Cambrian craniate-like chordate," *Nature* 402 (1999), pp. 518-522; Fred Heeren, "A Little Fish Challenges a Big Giant," *The Boston Globe* (May 30, 2000), p. E1.

For the dating of the Cambrian explosion, see Samuel A. Bowring, John P. Grotzinger, Clark E. Isachsen, Andrew H. Knoll, Shane M. Pelechaty, and Peter Kolosov, "Calibrating Rates of Early Cambrian Evolution," *Science* 261 (1993), pp. 1293-1298. A more recent estimate puts the beginning of the Cambrian at 543 million years ago, thus shortening the Cambrian explosion by a million years; John P. Grotzinger, "The Tetraminal Proterozoic Time Scale: Constraints on Global Correlations and Rates of Early Animal Evolution," *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 81 (1997), pp. 1954.

Quotations are from James W. Valentine, Stanley M. Awramik, Philip W. Signor, and Peter M. Sadler, "The Biological Explosion at the Precambrian-Cambrian Boundary," *Evolutionary Biology* 25 (1991), pp. 279-356, pp. 279, 281. For additional accounts of the Cambrian explosion, see Mark A. S. McMenamin and Dianna L. Schulte McMenamin, *The Emergence of Animals: The Cambrian Breakthrough* (New York: Columbia University Press, 1990); Jere H. Lipps and Philip W. Signor (editors), *Origin and Early Evolution of the Metazoa* (New York: Plenum Press, 1992); Jeffrey S. Levinton, "The Big Bang of Animal Evolution," *Scientific American* 267 (November 1992), pp. 84-91; J. Madeleine Nash, "When Life Exploded," *Time* (December 4, 1995), pp. 66-74.

Figure 3-4: The names of the major living animal phyla, listed in alphabetical order, are:

- a) Annelida (clamworms, earthworms, leeches)
- b) Arthropoda (insects, crabs, centipedes, spiders)
- c) Brachiopods (lamp shells)
- d) Bryozoa (small aquatic animals with tentacle-ringed mouths)
- e) Chaetognatha (arrow worms)
- f) Chordata (tunicates, lancelets, vertebrates)
- g) Cnidaria (corals, jellyfish, hydras)
- h) Ctenophora (comb jellies, sea walnuts)

- i) Echinodermata (crinoids, sea urchins, starfish, sea cucumbers)
- j) Hemichordata (acorn worms)
- k) Molluscs (clams, octopuses, snails)
- l) Nematoda (eelworms, roundworms)
- m) Onychophora (small terrestrial worms with short legs)
- n) Phoronida (tube-dwelling marine worms with tentacles)
- o) Platyhelminthes (flatworms, flukes, tapeworms)
- p) Pogonophora (giant deep-sea tube worms)
- q) Porifera (sponges)
- r) Rotifera (small animals with a crown of cilia)

Sponges (q) first appeared in the late Precambrian, and some paleontologists believe that Cnidaria (g) and Mollusca (k) did, too. Bryozoa (d) are first found in the Ordovician. All phyla shown as appearing in the Cambrian occur in the Lower Cambrian except Chaetognatha (e) and Hemichordata (j), which first appeared in the Middle Cambrian.

### **The challenge to Darwin's theory**

Quotation about the "head of Zeus" is from Jeffrey H. Schwartz, "Homeobox Genes, Fossils, and the Origin of Species," *Anatomical Record (New Anatomist)* 257 (1999), pp. 15-31. See also Robert L. Carroll, "Towards a new evolutionary synthesis," *Trends in Ecology and Evolution* 15 (2000), pp. 27-32.

On top-down evolution, see Valentine, et al., *Evolutionary Biology* 25 (1991), pp. 279-356. On "phylogenetic lawns," see Conway Morris, *The Cnsible of Creation*, p. 176.

### **Saving Darwin's theory**

James W. Valentine and Douglas H. Erwin, "Interpreting Great Developmental Experiments: The Fossil Record," pp. 71-107 in Rudolf A. Raff and Elizabeth C. Raff (editors), *Development as an Evolutionary Process* (New York: Alan R. Liss, 1987), p. 84-85;

Valentine, et al., *Evolutionary Biology* 25 (1991), pp. 279-356, M. 3. Benton, M. A. Wills, and R. Hitchin, "Quality of the fossil record through time," *Nature* 403 (2000), pp. 534-536. See also Mark A. Norell and Michael J. Novacek, "The Fossil Record and Evolution: Comparing Cladistic and Paleontologic Evidence for Vertebrate History," *Science* 255 (1992), pp. 1690-1693. On three billion year-old microfossils, see Andrew H. Knoll and Elso S. Barghoorn, "Archean Microfossils Showing Cell Division from the Swaziland System of South Africa," *Science* 198 (1977), pp. 396-398; J. William Schopf and Bonnie M. Packer, "Early Archean (33-Billion to 3.5-Billion-Year-Old) Microfossils from Warrawoona Group, Australia," *Science* 237 (1987), pp. 70-73. Quotations are from Conway Morris, *The Crucible of Creation*, pp. 2,28.

J. William Schopf, "The early evolution of life: solution to Darwin's dilemma," *Trends in Ecology and Evolution* 9 (1994), pp. 375-377. See also Valentine, et al., *Evolutionary Biology* 25 (1991), pp. 279-356; and Stefan Bengtson, "The advent of animal skeletons," pp. 412-425 in Stefan Bengtson (editor), *Early Life on Earth* (New York: Columbia University Press, 1994).

### **Molecular phylogeny**

Emile Zuckerkandl and Linus Pauling, "Molecular Disease, Evolution, and Genetic Heterogeneity," pp. 189-225 in Michael Kasha and Bernard Pullman (editors), *Horizons in Biochemistry* (New York: Academic Press, 1962), pp. 200-201. See also Emile Zuckerkandl and Linus Pauling, "Molecules as Documents of Evolutionary History," *Journal of Theoretical Biology* 8 (1965), pp. 357-366; Emile Zuckerkandl and Linus Pauling, "Evolutionary Divergence and Convergence in Proteins," pp. 97-166 in Vernon Bryson and Henry J. Vogel (editors), *Evolving Genes and Proteins* (New York: Academic Press, 1965). Michael T. Ghiselin, "Models in Phylogeny," pp. 130-145 in Thomas J. M. Schopf (editor), *Models in Paleobiology* (San Francisco: Freeman, Cooper and Company, 1972), p. 145. On



methodological problems with molecular sequence analyses, see David P. Mindell, "Aligning DNA Sequences: Homology and Phylogenetic Weighting," pp. 73-89 in Michael M. Miyamoto and Joel Cracraft (editors), *Phylogenetic Analysis of DNA Sequences* (New York: Oxford University Press, 1991); John Gatesby, Rob DeSalle, and Ward Wheeler, "Alignment-Ambiguous Nucleotide Sites and the Exclusion of Systematic Data," *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2 (1993), pp. 152-157; David M. Hillis, John P. Fluelsenbeck, and Clifford W. Cunningham, "Application and Accuracy of Molecular Phylogenies," *Science* 264 (1994), pp. 671-677; Roderic Guigo, Ilya Muchnik, and Temple F. Smith, "Reconstruction of Ancient Molecular Phylogeny," *Molecular Phylogenetics and Evolution* 6 (1996), pp. 189-213; Arcady R. Mushegian, James R. Gamy, Jason Martin, and Leo X. Liu, "Large-Scale Taxonomic Profiling of Eukaryotic Model Organisms," *Genome Research* 8 (1998), pp. 590-598; Laura E. Maley and Charles R. Marshall, "The Corning of Age of Molecular Systematics," *Science* 279 (1998), pp. 505-506.

### **Molecular phylogeny and the Cambrian explosion**

On estimates of the date for the divergence of the animal phyla, see Bruce R. unnegar, "A molecular clock date for the origin of the animal phyla," *Lefhaio* 15 (1982), pp. 199-205; Russell E Doolittle, DaFei Feng, Simon Tsang, Glen Cho, and Elizabeth Little, "Determining Divergence Times of the Major Kingdoms of Living Organisms with a Protein Clock," *Science* 271 (1996), pp. 470-477; Gregory A. Wray, Jeffrey S. Levinton and Leo H. Shapiro, "Molecular Evidence for Deep Precambrian Divergences Among Metazoan Phyla," *Science* 274 (1996), pp. 568-573; Richard A. Fortey, Derek E. G. Briggs, and Matthew A. Wills, "The Cambrian evolutionary 'explosion' recalibrated," *BioEssays* 19 (1997), pp. 429-434; Francisco Jose Ayala, Andrey Rzhetslcy, and Francisco J. Ayala, "Origin of the metazoan phyla: Molecular clocks confirm paleontological estimates," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*

95 (1998), pp. 606-611; Kenneth M. Halanych, "Considerations for Reconstructing Metazoan History: Signal, Resolution, and Hypothesis Testing," *American Zoologist* 38 (1998), pp. 929-941. For a recent review, see Simon Conway Morris, "Evolution: Bringing Molecules into the Fold," *Cell* 100 (2000), pp. 1-11.

Lindell Bromham, Andrew Rambault, Richard Fortey, Alan Cooper, and David Penny, "Testing the Cambrian explosion hypothesis by using a molecular dating technique," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95 (1998), pp. 12386-12389. See also Andrew B. Smith, "Dating the origin of metazoan body plans," *Evolution and Development* 1 (1999), pp. 138-142; Simon Conway Morris, "Early Metazoan Evolution: Reconciling Paleontology and Molecular Biology," *American Zoologist* 38 (1998), pp. 867-877 (I have changed Conway Morris's "artefact" to "artifact" to conform to the American spelling and sharpen the contrast with Smith's statement, above).

James W. Valentine, David Jablonski, and Douglas H. Erwin, "Fossils, molecules and embryos: new perspectives on the Cambrian explosion," *Development* 126 (1999), pp. 851-859. See also Valentine et al., *Evolutionary Biology* 25 (1991), pp. 279-356; Simon Conway Morris, "The Cambrian 'explosion': Slow-fuse or megatonnage?" *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97 (2000), pp. 4426-4429.

### **The growing problem in molecular phylogeny**

For the classical view, see Carl R. Woese, "Bacterial Evolution," *Microbiological Reviews* 51 (1987), pp. 221-271. Quotations about general problems are from James A. Lake, Ravi Jain, and Maria C. Rivera, "Mix and Match in the Tree of Life," *Science* 283 (1999), pp. 2027-2028, p. 2027; Herve Philippe and Patrick Forterre, "The Rooting of the Universal Tree of Life Is Not Reliable," *Journal of Molecular Evolution* 49 (1999), pp. 509-523, p. 510; Carl Woese, "The universal ancestor," *Proceedings of the National Academy of*

Sciences USA 95 (1998), pp. 6854-6859, p. 6854; Michael Lynch, "The Age and Relationships of the Major Animal Phyla," *Evolution* 53 (1999), pp. 319-325, p. 323. On problems with mammal phylogenies, see Dan Graur, Laurent Duret, and Manolo Gouy, "Phylogenetic position of the order Lagoinorpha (rabbits, hares and allies)," *Nature* 379 (1996), pp. 333-335; Gavin J. P. Naylor and Wesley M. Brown, "Amphioxus Mitochondrial DNA, Chordate Phylogeny, and the Limits of Inference Based on Comparisons of Sequences," *Systematic Biology* 47 (1998), pp. 61-76; Ying Cao, Axel Janke, Peter J. Waddell, Michael Westerman, Osamu Takenaka, Shigeriori Murata, Norihiro Okada, Svante Nib°, and Masami Hasegawa, "Conflict Among Individual Mitochondrial Proteins in Resolving the Phylogeny of Eutherian Orders," *Journal of Molecular Evolution* 47(1998), pp. 307-322. See also Michael P. Cummings, Sarah P Otto, and John Wakeley, "Genes and Other Samples of DNA Sequence Data for Phylogenetic Inference," *Biological Bulletin* 196 (1999), pp. 345-350.

### **Uprooting the tree of life**

Herve Philippe and Patrick Forterre, "The Rooting of the Universal Tree of Life Is Not Reliable," *Journal of Molecular Evolution* 49 (1999), pp. 509-523, p. 520; Herve Philippe and Andre Adoutte, "The molecular phylogeny of Eukaryota: solid facts and uncertainties," pp. 25-56 in G. H. Coombs, et al. (editors), *Evolutionary Relationships Among Protozoa* (Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998); Herve Philippe and Jacqueline Laurent, "How good are deep phylogenetic trees?" *Current Opinion in Genetics and Development* 8 (1998), pp. 616-623; Patrick Forterre and Herve Philippe, "Where is the root of the universal tree of life," *BioEssays* 21 (1999), pp. 871-879; Patrick Forterre and Herve Philippe, "The Last Universal Common Ancestor (LUCA), Simple or Complex?" *Biological Bulletin* 196 (1999), pp. 373-377. See also Sarah A. Teichmann and Graeme Mitchison, "Is There a Phylogenetic Signal in Prokaryote Proteins?" *Journal of Molecular Evolution* 49 (1999), pp.

98-107; Laura A. Katz, "The Tangled Web: Gene Genealogies and the Origin of Eukaryotes," *The American Naturalist* 154 Supplement (1999), pp. S137-S145; Andrew J. Roger. "Reconstructing Early Events in Eukaryotic Evolution," *The American Naturalist* 154 Supplement (1999). pp. S146-S163.

Carl Woese, "The universal ancestor," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95 (1998), pp. 6854-6859; quotations (listed in the order in which they appear in the text) are from pp. 6854, 6855, 6858, 6856, 6854. See also Carl Woese, "Default taxonomy: Ernst Mayes view of the microbial world," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95 (1998), pp. 11043-11046. W. Ford Doolittle, "Phylogenetic Classification and the Universal Tree," *Science* 284 (1999), pp. 2124-2128; W. Ford Doolittle, "Uprooting the Tree of Life," *Scientific American* 282 (February, 2000), pp. 90-95. See also W. Ford Doolittle, "Lateral Genornies," *Trends in Biochemical Sciences* 24 (1999), M5-M8.

### **The fact of evolution?**

For a photograph of the Hard Facts Wall see *Teaching Science in a Climate of Controversy* (Ipswich, MA: American Scientific Affiliation, 1986), p. 61. The photograph is accompanied by a description and explanatory drawings, pp. 56-63.

National Academy of Sciences, *Teaching About Evolution and the Nature of Science* (Washington, DC: National Academy Press, 1998), Chapter 5, pp. 2-3; Chapter 2, pp. 5-6. National Academy of Sciences, *Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences, Second Edition* (Washington, DC: National Academy Press, 1999), "Evidence Supporting Biological Evolution," pp. 3, 6-7; J. Madeleine Nash, "When Life Exploded," *Time* (December 4, 1995), pp. 66-74.

Textbook quotations are from Douglas Putuyma, *Evolutionary Biology, Third Edition* (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), p. 15; Neil A. Campbell, and B. Reece, and Lawrence G. Mitchell,

Biology, Fifth Edition (Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1999), pp. 419,426.

Quotations of dissenters from the "fact" of universal common descent are from Harry Whittington, *The Burgess Shale*, p. 131; Malcolm S. Gordon, "The Concept of Monophyly: A Speculative Essay," *Biology and Philosophy* 14 (1999), pp. 331-348.

The Chinese paleontologist story has been making the rounds since I first told it to some colleagues in 1999. Sadly, the principal reaction from dogmatic American Darwinists has been to demand his name. I refuse to give it to them, knowing what their colleagues have been doing to critics since at least 1981, when British paleontologist Colin Patterson, in a famous lecture at the American Museum of Natural History in New York, openly questioned whether there is any evidence for evolution. Afterwards, dogmatic Darwinists hounded him relentlessly, and Patterson never again voiced his skepticism in public. I fear they would do the same to the Chinese paleontologist in my story, an excellent scientist who deserves to be protected from heresy-hunters.

#### **Chapter 4: Homology in Vertebrate Limbs**

The terms "analogy" and "homology" did not actually originate with Owen, but with William MacLeay twenty years earlier (and the concepts themselves were much older). For the history of the concept, see Alec L. Panchen, "Richard Owen and the Concept of Homology," pp. 21-62 in Brian K. Hall (editor). *Homology: The Hierarchical Basis of Comparative Biology* (San Diego, CA: Academic Press, 1994). See also Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, Revised Edition (Berkeley: University of California Press, 1989). Quotations are from Charles Darwin, *The Origin of Species*, Chapter XIV, p. 335; Chapter XV, pp. 366,352.

#### **Re-defining homology**

Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA:

Harvard University Press, 1982), pp. 232,465.

### **Homology and circular reasoning**

J. H. Woodger, "On Biological Transformations," pp. 95-120 in W. E. Le Gros Clark and P. B. Medawar (editors), *Essays on Growth and Form Presented to D'Arcy Wentworth Thompson* (Oxford: Clarendon Press, 1945), p. 109; Alan Boyden, "Homology and Analogy" *American Midland Naturalist* 37 (1947), pp. 648-669. George Gaylord Simpson's procedures are in his *Principles of Animal Taxonomy* (New York: Columbia University Press, 1961); Robert R. Sokal and Peter H. A. Sneath criticize him for circularity in their *Principles of Numerical Taxonomy* (San Francisco: Freeman, 1963), p. 21.

Michael T. Ghiselin, "An Application of the Theory of Definitions to Systematic Principles," *Systematic Zoology* 15 (1966), pp. 127-130; Michael T. Ghiselin, "Models in Phylogeny," pp. 130-145 in Thomas J. M. Schopf (editor), *Models in Paleobiology* (San Francisco: Freeman, Cooper and Company, 1972), p. 134; David L. Hull, "Certainty and Circularity in Evolutionary Taxonomy," *Evolution* 21 (1967), pp. 174-189; N. Jardine, "The concept of homology in biology," *British Journal for the Philosophy of Science* 18 (1967), pp. 125-139; Donald H. Colless, "The Phylogenetic Fallacy" *Systematic Zoology* 16 (1967), pp. 289-295. The "method of successive approximation," or "method of reciprocal illumination;" was proposed by Willi Hennig, founder of cladistics; for a review of the "groping" criticism, see Sokal and Sneath, *Principles of Numerical Taxonomy*, p. 21. Biologist Walter Bock attempted to solve the problem in 1974 by embracing the neoDarwinian definition of homology as common ancestry but specifying that "similarity between features is the only method for recognizing homologues." [Walter]. Bock, "Philosophical Foundations of Classical Evolutionary Classification," *Systematic Zoology* 22 (1974), pp. 375-392. But this merely equivocated between two meanings of homology. On the logical problem in separating "definition" from "recognition

criteria," see Bruce A. Young, "On the Necessity of an Archetypal Concept in Morphology: With Special Reference to the Concepts of 'Structure' and 'Homology'," *Biology and Philosophy* 8 (1993), pp. 225-248. Ronald H. Brady, "On the Independence of Systematics," *aculistirs* 1 (1985), pp. 113-126.

### **Breaking the circle**

David B. Wake, "Homoplasy, homology and the problem of 'sameness' in biology," pp. 24-33 and 44-45 in *Homology* (Novartis Symposium 222; Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1999), pp. 45, 27.

### **Evidence from DNA sequences**

David M. Hillis, "Homology in Molecular Biology," pp. 339-368 in Brian K. Hall (editor), *Homology: The Hierarchical Basis of Comparative Biology*, pp. 339-341, 359. Colin Patterson, David M. Williams, and Christopher J. Humphries, "Congruence Between Molecular and Morphological Phylogenies," *Annual Review of Ecology and Systematics* 24 (1993), pp. 153-188. See also Colin Patterson, "Homology in Classical and Molecular Biology," *Molecular Biology and Evolution* 5 (1988), pp. 603-625; and Michael S. Y. Lee, "Molecular phylogenies become functional," *Trends in Ecology and Evolution* 14 (1999), pp. 177-178. On the growing problems with DNA sequence comparisons, see the previous chapter and the recent article by W. Ford Doolittle, "Uprooting the Tree of Life," *Scientific American* 282 (February 2000), pp. 90-95.

### **The fossil record**

Sokal and Sneath, *Principles of Numerical Taxonomy*, pp. 56-57; Bruce A. Young, "On the Necessity of an Archetypal Concept in Morphology: With Special Reference to the Concepts of 'Structure' and 'Homology'," *Biology and Philosophy* 8 (1993), pp. 225-248, p. 231. See also Peter H. A. Sneath and Robert R. Sokal, *Numerical Taxonomy* (San Francisco, CA: W H. Freeman and Company, 1973),

p. 76; Elliot Sober, *Reconstructing the Past* (Cambridge, MA: MIT Press, 1988), p. 20.

For the Corvette analogy, see Tim Berra, *Evolution and the Myth of Creationism* (Stanford, CA: Stanford University Press, 1990), pp. 117-119. Berra's analogy was anticipated at least as early as 1964, but at that time it was used to illustrate the profilersms involved in inferring evolutionary relationships from similarities! See Rolf Sattler, "Methodological Problems in Taxonomy," *Systematic Zoology* 13 (1964), pp. 19-27. For a recent textbook use of Berra's Blunder, see T. Douglas Price and Gary M. Feitunan, *Images of the Past*, Second Edition (Mountain View, CA: Mayfield Publishing, 1997), P. 3.

Phillip E. Johnson, *Defeating Darwinism by Opening Minds* (Downers Grove, IL: Intervarsity Press, 1997), pp. 62-63; Darwin, *The Origin of Species*, Introduction, p. 12; Chapter XIV, p. 343. Leigh M. Van Valen, "Homology and Causes," *Journal of Morphology* 173 (1982), pp. 305-312.

### **Evidence from developmental pathways**

Edmund B. Wilson, "The Embryological Criterion of Homology," pp.101-124 in *Biological Lectures Delivered at the Marine Biological Laboratory of Wood's Hole in the Summer Session of 1894* (Boston: Ginn & Company, 1895), p. 107; Gavin de Beer, *Embryos and Ancestors*, Third Edition (Oxford: Clarendon Press, 1958), p. 152. Pere Alberch, "Problems with the Interpretation of Developmental Sequences," *Systematic Zoology* 34 (1985), pp. 46-58; Rudolf Raff, "Larval homologies and radical evolutionary changes in early development," pp. 110-121 in *Homology* (Novartis Symposium 222; Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1999), p. 111.

On the differences between salamanders and other vertebrates, see Neil H. Shubin and Pere Alberch, "A Morphogenetic Approach to the Origin and Basic Organization of the Tetrapod Limb," *Evolutionary Biology* 20 (1986), pp. 319-387; and Neil H. Shubin,



"History, Ontogeny, and Evolution of the Archetype," pp. 249-271 in Brian K. Hall (editor), *Homology: The Hierarchical Basis of Comparative Biology*, pp. 264-266.

The Hinchliffe and Griffiths quotation is from J. R. Hinchliffe and P. J. Griffiths, "The prechondrogenic patterns in tetrapod limb development and their phylogenetic significance," pp. 99-121 in B. C. Goodwin, N. Holder and C. C. Wylie (editors), *Development and Evolution* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983), p. 118. See also J. R. Hinchliffe, "Reconstructing the Archetype: Innovation and Conservatism in the Evolution and Development of the Pentadactyl Limb," pp. 171-189 in D. B. Wake and G. Roth (editors), *Complex Organismal Functions: Integration and Evolution in Vertebrates* (Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1989); Neil H. Shubin, "The Implications of 'The Bauplan' for Development and Evolution of the Tetrapod Limb," pp. 411-421 in J. R. Hinchliffe, J. M. Hurle, and D. Summerbell (editors), *Developmental Patterning of the Vertebrate Limb* (New York: Plenum Press, 1991).

The idea of an archetypal (ancestral) pattern common to all vertebrate limbs was proposed by Nils Hohnngren, "On the Origin of the Tetrapod Limb," *Arta Zoologica* 14 (1933), pp. 185-295. Shubin and Hinchliffe suggest that it is developmental processes, rather than patterns, that are homologous. Brian Hall, however, argues that "homology is a statement about pattern, and should not be conflated with a concept about processes and mechanisms;" see Brian K. Hall, *Evolutionary Developmental Biology* (London: Chapman & Hall, 1992), p. 194. Ginter Wagner maintains that the relevant processes are those that maintain patterns rather than generate them; see G. P. Wagner and B. Y. Misof, "How can a character be developmentally constrained despite variation in developmental pathways," *Journal of Evolutionary Biology* 6 (1993), pp. 449-455. The form-maintaining mechanisms, however, have yet to be identified. For a general review of the lack of correlation between homology and developmental pathways see Rudolf Raft; *The Shape*

of Life (Chicago: The University of Chicago Press, 1996).

### **Evidence from developmental genetics**

For de Beer's comment about homology and genes, see Gavin de Beer, *Homology: An Unsolved Problem* (London: Oxford University Press, 1971), pp. 15-16. On homologous features not due to homologous genes, see Gregory A. Wray and Ehab Abouheif, "When is homology not homology?" *Current Opinion in Genetics & Development* 8 (1998), pp. 675-680.

On developmental genes from mice functionally replacing their counterparts in flies, see Georg Haider, Patrick Callaerts, and Walter Gehring, "Induction of Ectopic Eyes by Targeted Expression of the eyeless Gene in *Drosophila*," *Science* 267 (1995), pp. 1788-1792. See also Jarenza Malicki, Klaus Shugart, and William McGinnis, "Mouse Hox-2.2 Specifies Thoracic Segmental Identity in *Drosophila* Embryos and Larvae," *Cell* 63 (1990), pp. 961-967; Nadine McGinnis, Michael A. Kuziora, and William McGinnis, "Human Hox-4,2 and *Drosophila* Deformed Encode Similar Regulatory Specificities in *Drosophila* Embryos and Larvae," *Cell* 63 (1990), pp. 969-976; Jack Jiagang Zhao, Robert A. Lazzarini, and Leslie Pick, "The mouse Hox-1.3 gene is functionally equivalent to the *Drosophila* Sex combs reduced gene," *Genes & Development* 7 (1993), pp. 343-354. On Distal-less, see Grace Panganiban, et al., "The origin and evolution of animal appendages," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94 (1997), pp. 5162-5166; Gregory Wray, "Evolutionary dissociations between homologous genes and homologous structures," pp. 189-203 in *Homology* (Novartis Symposium 222; Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1999), pp. 195-196.

On similar genetic networks, see Neil Shubin, Cliff Tabin, and Sean Carroll, "Fossils, genes and the evolution of animal limbs," *Nature* 388 (1997), pp. 639-648; and Clifford). Tabin, Sean B. Carroll, and Grace Panganiban, "Out on a Limb: Parallels in Vertebrate and

Invertebrate Limb Patterning and the Origin of Appendages," *American Zoologist* 39 (1999), pp. 650-663. See also Concepcion Rodriguez-Esteban et al., "Radical fringe positions the apical ectodermal ridge at the dorsoventral boundary of the vertebrate limb," *Nature* 386 (1997), pp. 360-366; and Ed Laufer et al., "Expression of Radical fringe in limb-bud ectoderm regulates apical ectodermal ridge formation," *Nature* 386 (1997), pp. 366-373. Gavin de Beer, *Homology: An Unsolved Problem* (London: Oxford University Press, 1971), p. 16.

### **Vertebrate limbs as evidence for evolution?**

Teresa Audesirk and Gerald Audesirk, *Biology: Life on Earth* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999), p. 264; Sylvia S. Mader, *Biology, Sixth Edition* (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1998), p. 298; Peter H. Raven and George B. Johnson, *Biology, Fifth Edition* (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), pp. 412, 416; Neil A. Campbell, Jane B. Reece, and Lawrence G. Mitchell, *Biology, Fifth Edition* (Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman, 1999), p. 424. See also Helena Curtis and N. Sue Barnes, *Invitation to Biology, Fifth Edition* (New York: Worth Publishers, 1994), pp. 404-4.11 Interestingly, Miller and Levine's *Biology* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000) avoids circular reasoning by defining homologies as "structures... which meet different needs but develop from the same body parts" (pp. 283-284). Guttman's *Biology* (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999) makes a similar claim and throws in genes: "Structures are said to be homologous if they have the same embryonic origins and occupy similar positions in different species.... [and] the information that specifies biological structure is genetic information" (pp. 25, 42). Although these books avoid circular reasoning, they misrepresent the evidence by attributing homologous structures to similar developmental pathways or genes.

### **Critical thinking in action**

The Gee quotations are from Henry Gee, *In Search of Deep Time* (New York: The Free Press, 1999), pp. 9-10.

## **Chapter 5: Haeckel's Embryos**

Darwin quotations (listed in order of their appearance in the text) are from Darwin, *The Origin of Species*, Chapter XIV, pp. 346, 338, 345, 333, 345; *The Descent of Man*, Chapter I, pp. 398, 411. The quotation calling embryology "by far the strongest" evidence is from a September 10, 1860, letter to Asa Gray, in Francis Darwin (editor), *The Life and Letters of Charles Darwin* (New York: D. Appleton & Company, 1896), Vol. II, p. 131; the letter is cited in Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), p. 470, and in Stephen Jay Gould, *Ontogeny and Phylogeny* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977), p. 70.

Figure 5-1. This is the most widely used version of Haeckel's various embryo drawings. It is from Figures 57 & 58 in George J. Romanes, *Darwinism Illustrated* (Chicago: Open Court, 1892), pp. 42-43. It appeared (with black and white reversed) as Tafel VI & VII in Ernst Haeckel, *Anthropogenie, oder Entwicklungsgeschichte des Menschen* (Leipzig Verlag von Wilhelm Engelmann, 1877), following p. 291; and in English translation as Plates VI & VII in Ernst Haeckel, *The Evolution of Man* (New York: D. Appleton and Company, 1896), following p. 362.

My use of the term "class" here is non-technical and traditional. Cladists object to calling reptiles a class, because they do not consider them a natural group (i.e., one containing a common ancestor and all its descendants). But I'm not a cladist (see the next chapter, on Archaeopteryx), and in any case "class" will be more familiar to most readers. The main point of this chapter—that vertebrate embryos are not most similar in their earliest stages—does not depend on the terminology.

**Will the real embryologist please stand up?**

The quotations of von Baer's laws are from Arthur Henfrey and Thomas H. Huxley (editors), *Scientific Memoirs: Selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and from Foreign journals: Natural History* (London, 1853; reprinted 1966 by Johnson Reprint Corporation, New York), p. 214. The Lenoir quotation is from Timothy Lenoir, *The Strategy of Life* (Chicago: The University of Chicago Press, 1982), p. 258.

### **Darwin's misuse of von Baer**

Darwin, *The Origin of Species*, pp. 338,345. On Darwin's misuse of von Baer, see Jane M. Oppenheimer, "An Embryological Enigma in the Origin of Species," pp. 221-255 in Jane M. Oppenheimer, *Essays in the History of Embryology and Biology* (Cambridge, MA: The M.I.T. Press, 1967).

The Churchill quotation is from Frederick B. Churchill, "The Rise of Classical Descriptive Embryology," pp. 1-29 in Scott F. Gilbert (editor), *A Conceptual History of Modern Embryology* (Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 1991), pp. 19-20.

### **Haeckel's biogenetic law**

Gould, *Ontogeny and Phylogeny*, p. 168; Adam Sedgwick, "The Influence of Darwin on the Study of Animal Embryology," pp. 171-184 in A. C. Seward (editor), *Darwin and Modern Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1909), pp. 174-176; Frank R. Lillie, *The Development of the Chick*, Second Edition (New York: Henry Holt, 1919), p. 6; Gould, *Ontogeny and Phylogeny*, p. 168; Nicholas Rasmussen, "The Decline of Recapitulationism in Early Twentieth-Century Biology: Disciplinary Conflict and Consensus on the Battleground of Theory," *Journal of the History of Biology* 24 (1991), pp. 51-89.

Resurrecting recapitulation Frank R. Lillie, *The Development of the Chick*, pp. 4-6; Walter Garstang, "The theory of recapitulation: a critical restatement of the biogenetic law," *Journal of the Linnean*

Society (Zoology), 35 (1922), pp. 81-101; Gavin de Beer, *Embryos and Ancestors*, Third Edition (Oxford: Clarendon Press, 1958), pp. 10,164,172. See also Jane Maienschein, "Cell Lineage, Ancestral Reminiscence, and the Biogenetic Law," *Journal of the History of Biology* 11 (1978), pp. 129-158.

Darwin, *The Origin of Species*, pp. 338,345. Stephen Jay Gould claims that Darwin never advocated Haeckelian recapitulation, but the plain meaning of Darwin's words belies the claim; see Robert Richards, *The Meaning of Evolution* (Chicago: The University of Chicago Press, 1992), pp. 169-174.

### **Haeckel's embryo drawings**

Jane M. Oppenheimer, "Haeckel's Variations on Darwin," pp. 123-135 in Henry M. Heonigswald and Linda F. Wiener (editors), *Biological Metaphor and Cladistic Classification* (Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1987), p. 134. See also "Accused of Fraud, Haeckel Leaves the Church," *The New York Times* (November 27, 1910), Part 5, p. 11; J. Assmuth and Ernest R. Hull, *Haeckel's Frauds and Forgeries* (Bombay: Examiner Press, 1915); Gliner Rager, "Human embryology and the law of biogenesis," *Rivista di Biologia* 79 (1986), pp. 449-465.

In Figure 5-2, the middle line (showing actual embryos) is based largely on data from M. K. Richardson, J. Hanken, M. L. Gooneratne, C. Pieau, A. Raynaud, L. Selwood, and G. M. Wright, "There is no highly conserved embryonic stage in the vertebrates: implications for current theories of evolution and development," *Anatomy & Embryology* 196 (1997), pp. 91-106.

Michael K. Richardson, "Heterochrony and the Phylotypic Period," *Developmental Biology* 172 (1995), pp. 412-421; M. K. Richardson, et al., "There is no highly conserved embryonic stage in the vertebrates: implications for current theories of evolution and development," *Anatomy & Embryology* 196 (1997), pp. 91-106. See also Michael K. Richardson, Steven P. Allen, Glenda M. Wright,

Albert Raynaud, and Junes Hanken, "Semite number and vertebrate evolution," *Development* 125 (1998), pp. 151-160; Elizabeth Pennisi, "Haeckel's Embryos: Fraud Rediscovered," *Science* 277 (1997), p. 1435. Stephen Jay Gould's quote is from his essay, "Absc.heulich! (Atrocious!)," *Natural History* (March 2000), PP. 42-49.

**The earliest stages in vertebrate embryos are not the most similar**

Lewis Wolpert, *The Triumph of the Embryo* (Oxford: Oxford University Press, 1991), p. 12. See also Jonathan Wells, "Haeckel's Embryos and Evolution: Setting the Record Straight," *The American Biology Teacher* 61 (May 1999), pp. 345-349.

In Figure 5-3, the data for earlier stages of zebrafish, frog, chick and human are taken from a variety of standard sources; see Figure 3 in Jonathan Wells, "Haeckel's Embryos and Evolution: Setting the Record Straight," *The American Biology Teacher* 61 (May 1999), pp. 345-349. See also Richard P. Elinson, "Change in developmental patterns: embryos of amphibians with large eggs," pp. 1-21 in R. A. Raff and E. C. Raff (editors), *Development as an Evolutionary Process*, Vol. 8 (New York: Alan R. Liss, 1987). The data for early turtle development were compiled by Jody F. Sjogren from Louis Agassiz, *Contributions to The Natural History of the United States of America*, First Monograph, Vol 2 (Boston: Little, Brown and Company, 1857); Oskar Hertwig, *Handbuch der vergleichenden and experimenteilen Entwicklungslehre der Wirbeltiere*, Erster Band, Zweiter Tell (Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1906); I. Y. Mahmoud, George L. Hess, and John Klicka, "Normal Embryonic Stages of the Western Painted Turtle, *Chrysermys pitta bellii*," *Journal of Morphology* 141 (1975), pp. 269-280; Michael A. Ewert "Embryology of Turtles," pp. 75-267, and Jeffrey Dean Miller, "Embryology of Marine Turtles," pp. 269-328, in Carl Gans, Frank Billets, and Paul F A. Maderson (editors), *Biology of the Reptilia*, Vol. 14, *Development A* (New York: John Wiley & Sons, 1985); S. Renous,

F Rimblot-Baly, J. Fretey, and C. Pieau, "Caracteristiques du developpement embryonnaire de la Tortue Lush, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761)," *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris, Series 13, Vol. 10* (1989), pp. 197-229; G. Guyot, C. Pieau, and S. Renous, "Developpement embryonnaire d'une tortue ter-rester, la tortue d'Hermann, *Testudo hermanni* (Gmelin, 1789)," *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris, Series 13, Vol. 15* (1994), pp. 115-137; J. J. Pasteels, "Etudes sur la gastrulation des vertebres meroblastiques. II. Reptiles," *Archive Biologique, Paris, 48* (1937), pp. 105-184; J. J. Pasteels, "Etudes sur la gastrulation des vertebres meroblastiques. IV. Conclusions generales," *Archive Biologique, Paris, 48* (1937), pp. 463-488; J. J. Pasteels, "Developpement embryonnaire," pp. 893-971 in Pierre P. Grasse, editor, *Traite de Zoologie* (Paris: Masson, 1970), Vol. 14.

In Figure 5-3, the term "placental mammal" for humans is imprecise, because marsupials have a kind of placenta; "eutherian" is the correct term, but it seemed too technical to use here. The main point of the figure is to show that Haeckel's drawings do not fit the actual embryos, whatever they may be called.

### **The dissimilarity of early embryos is well-known**

Adam Sedgwick, "On the Law of Development commonly known as von Baer's Law; and on the Significance of Ancestral Rudiments in Embryonic Development," *Quarterly Journal of Microscopical Science* 36 (1894), pp. 35-52; William W. Ballard, "Problems of gastrulation: real and verbal," *BioScience* 26 (1976), pp. 36-39; Erich Blechschmidt, *The Beginnings of Human Life*, translated by Transemantics (New York: Springer-Verlag, 1977), pp. 29-30; Richard P. Elinson, "Change in developmental patterns: embryos of amphibians with large eggs," pp. 1-21 in R. A. Raff and E. C. Ralf (editors), *Development as an Evolutionary Process, Vol. 8* (New York: Alan R. Liss, 1987), p. 3; Michael K. Richardson, "Vertebrate evolution: the developmental origins of adult variation," *BioEssays*



21 (1999), pp. 604-613.

On modern terminology for what Haeckel called the "first" stage of development, see William W. Ballard, "Morphogenetic Movements and the Fate Maps of Vertebrates," *American Zoologist* 21 (1981), pp. 391-399, ("pharyn.gula"); Klaus Sander, "The evolution of patterning mechanisms: gleanings from insect embryogenesis and spermatogenesis," pp. 137-159 in B. C. Goodwin, N. Holder, and C. C. Wylie (editors), *Development and Evolution, Sixth Symposium of the British Society for Developmental Biology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983), p. 140 ("phylotypic stage"); J. M. W. Slack, P. W. H. Holland, and C. F. Graham, "The zootype and the phylotypic stage," *Nature* 361 (1993), pp. 490-492 ("zootype").

Denis Duboule, "Temporal colinearity and the phylotypic progression: a basis for the stability of a vertebrate Bauplan and the evolution of morphologies through heterochrony," *Development Supplement* (1994), pp. 135-142; Michael K. Richardson, "Vertebrate evolution: the developmental origins of adult variation," *BioEssays* 21 (1999), pp. 604-613; Rudolf A. Raff, *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form* (Chicago: The University of Chicago Press, 1996), p. 197.

Vertebrates are not the only phylum that contradicts von Baer's laws. Recent embryological research on worms, insects, and sea urchins reveals many instances in which organisms in the same group differ more in the early stages of development than in later ones. Von Baer's laws are no more true for invertebrates than for vertebrates. For example, see R. A. Raff, G. Wray, and J. J. Henry, "Implications of radical evolutionary changes in early development for concepts of developmental constraint," pp. 189-207 in L. Warren and H. Kopprowski (editors), *New Perspectives in Evolution* (New York: Wiley-Liss, 1991).

### **A paradox for Darwinian evolution**

Gregory Wray, "Punctuated Evolution of Embryos," *Science* 267

(1995), pp. 1115-1116; Raff, , *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*, p. 211.

### **Haeckel is dead. Long live Haeckel.**

The Balinsky quotation is from B. I. Balinsky, *An Introduction to Embryology*, Fourth Edition (Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1975), pp. 7-8 (emphasis in original); Douglas Futuyma, *Evolutionary Biology*, Third Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), p. 653; Helena Curtis and N. Sue Barnes, *Invitation to Biology*, Fifth Edition (New York: Worth Publishers, 1994), p. 405; Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martin Raff; Keith Roberts, and James D. Watson, *Molecular Biology of the Cell*, Third Edition (New York: Garland Publishing, 1994) pp. 32-33; Peter H. Raven and George B. Johnson, *Biology*, Fifth Edition (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), pp. 1181, 416; Cede Starr and Ralph Taggart, *Biology: The Unity and Diversity of Life*, Eighth Edition (Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, 1998), p. 317; James L. Gould and William T. Keeton (with Carol G. Gould), *Biological Science*, Sixth Edition (New York: WW. Norton, 1996), p. 347; Burton S. Guttman, *Biology* (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), p. 718; Sylvia Mader, *Biology*, Sixth Edition (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1998), p. 298; Neil A. Campbell, Jane B. Reece, and Lawrence G. Mitchell, *Biology*, Fifth Edition (Menlo Park, CA: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, 1999), p. 424.

### **Is a human embryo dike a fish?**

Kenneth Miller, "What Does It Mean To Be One Of Us?" *Life Magazine* (November, 1996), pp. 38-56. Curtis & Barnes, *Invitation to Biology*, p. 405; Gould & Keeton, *Biological Science*, pp. 10, 347; Raven & Johnson, *Biology*, pp. 416, 1181; Futuyma, *Evolutionary Biology*, p. 122.

### **"Gill slits" are not gill slits**

William W. Ballard, "Problems of gastrulation: real and verbal," *Bio-Science* 26 (1976), pp. 36-39; Lewis Wolpert, *The Triumph of the Embryo* (Oxford: Oxford University Press, 1991), p. 185; Giinter Rager, "Human embryology and the law of biogenesis," *Rivista di Biologia* 79 (1986), pp. 449-465.

### **Atrocious!**

Douglas Futuyma's remarks were posted February 17, 2000, to the Digital City-Kansas City public evolution board (<http://home.digitaldry.com/kansascity>); the Gould quotations are from Stephen Jay Gould, "Abscheulich! Atrocious!" *Natural History* (March, 2000), pp. 42-49.

### **Chapter 6: Archaeopteryx: The Missing Link**

Darwin, *The Origin of Species*, Chapter X, pp. 235, 234, 255. The discovery of Archaeopteryx has been recounted in several recent books on the subject, including Alan Feduccia, *The Origin and Evolution of Birds* (New Haven, CT: Yale University Press, 1996), and Pat Shipman, *Taking Wing* (New York: Simon & Schuster, 1998).

Figure 6-1: This photo of the Berlin Archaeopteryx is from Harry G. Seeley, "On some Differences between the London and Berlin Specimens referred to Archaeopteryx," *The Geological Magazine*, Series 2, Vol. 8 (1881), pp. 454-455. Photo provided by the Linda Hall Library, Kansas City, Missouri.

### **The "First Bird"**

Lowell Dingus and Timothy Rowe, *The Mistaken Extinction: Dinosaur Evolution and the Origin of Birds* (New York: W. H. Freeman and Company, 1998), p. 116; Alan Feduccia, *The Origin and Evolution of Birds*, p. 29; Pat Shipman, *Taking Wing*, pp. 14-16. On Protoavis see Sankar Chatterjee, "Cranial anatomy and relationships of a new Triassic bird from Texas," *Philosophical*

Transactions of the Royal Society of London B 332 (1991), pp. 277-342; Sankar Chatterjee, "Protoavis and the early evolution of birds," *Palaeontographica* 254 (1999), pp. 1-100. On the absence of feathers in Protoavis fossils, see Roger L. DiSilvestro, "In quest of the origin of birds," *BioScience* 47 (1997), pp. 481-485. Quotations from paleontologists skeptical of Protoavis are in Pat Shipman, *Taking Wing*, pp. 112-113. See also Edwin H. Colbert and Michael Morales, *Evolution of the Vertebrates*, Fourth Edition (New York: Wiley-Liss, 1991), p. 183; Alan Feduccia, *The Origin and Evolution of Birds*, p. 38.

For the accusation that Archaeopteryx was a forgery, see Fred Hoyle and Chandra Wickramasinghe, *Archaeopteryx, the Primordial Bird: A Case of Fossil Forgery* (London: Christopher Davies, 1986). For the refutation of this claim, see Alan J. Charig et al., "Archaeopteryx Is Not a Forgery," *Science* 232 (1986), pp. 622-626; David Dickson, "Feathers Still Fly in Row over Fossil Bird," *Science* 238 (1987), pp. 475-476; Giles Courtice, "Museum officials confident Archaeopteryx is genuine... but opponents renew demands for proof," *Nature* 328 (1987), p. 657. See also Peter Wellnhofer, "Archaeopteryx," *Scientific American* 262 (May, 1990), pp. 70-77; Feduccia, *The Origin and Evolution of Birds*, pp. 38-39; Shipman, *Taking Wing*, pp. 141-148.

### **The missing link**

On the original dinosaur theory of bird evolution see Thomas H. Huxley, "On the Animals which are most nearly intermediate between Birds and Reptiles," *The Annals and Magazine of Natural History*, Vol. II, Fourth Series (1868), pp. 66-75; Darwin, *Origin of Species*, p. 266. See also John H. Ostrom, "Archaeopteryx and the origin of birds," *Biological Journal of the Linnean Society* 8 (1976), pp. 91-182; Adrian Desmond, *Archetypes and Ancestors* (Chicago: The University of Chicago Press, 1982), pp. 124-131. On the misidentification of Archaeopteryx as *Compsognathus*, see Dingus

& Rowe, *The Mistaken Extinction*, pp. 120, 185; Shipman, *Taking Wing*, pp. 44-45, 115.

Coelophysis, a two-legged dinosaur that preceded Archaeopteryx, is not considered ancestral to Archaeopteryx because, like Compsognathus, its features are not those one would expect in an ancestor; see Robert L. Carroll, *Vertebrate Paleontology and Evolution* (New York: W. H. Freeman, 1988), pp. 290-292, 303; and Dingus and Rowe, *The Mistaken Extinction*, pp. 181-183.

The Mayr quotation is from Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), p. 430.

Quotations about Archaeopteryx not being the ancestor of modern birds are from Larry D. Martin, "The Relationship of Archaeopteryx to other Birds," pp. 177-183 in M. K. Hecht, J. H. Ostrom, G. Viohl, and P. Wellnhofer (editors), *The Beginnings of Birds* (Eichstätt: Freunde des Jura-Museums, 1985), p. 182;

John Schwartz, "New Evolution Research Ruffles Some Feathers," *The Washington Post* (November 15, 1996), p. A3 (quoting Mark Norell.)

### **The origin of flight**

For discussions of the "trees down" and "ground up" theories of the origin of flight, see Walter J. Bock, "The Arboreal Origin of Avian Flight," pp. 57-72, and John IL Ostrom, "The Cursorial Origin of Avian Flight," pp. 73-81, in Kevin Padian (editor), *The Origin of Birds and the Evolution of Flight* (San Francisco: California Academy of Sciences, 1986), Memoir Number 8; Feduccia, *The Origin and Evolution of Birds*, pp. 93-137; Shipman, *Taking Wing*, pp. 174-218.

### **Cladistics**

Kevin de Queiroz, "Systematics and the Darwinian R.evolution," *Philosophy of Science* 55 (1988), pp. 238-259. See also Kevin de Queiroz and Jacques Gauthier, "Toward a phylogenetic system of

biological nomenclature," *Trends in Ecology and Evolution* 9 (1994), pp. 27-31; Henry Gee, *In Search of Deep Time* (New York: The Free Press, 1999). On the application of cladistics to bird phylogeny, see Jacques Gauthier, "Saurischian Monophyly and the Origin of Birds," pp. 1-55, in Kevin Padian (editor), *The Origin of Birds and the Evolution of Flight*. The Shipman quotation is from *Taking Wing*, p. 33.

### **Re-arranging the evidence**

The data for Figure 6-2 (Oladistic theory and the fossil record) are from Kevin Padian and Luis M. Chiappe, "The origin and early evolution of birds," *Biological Reviews* 73 (1998), pp. 1-42 (Figure 14). The figure had been previously published in Luis M. Chappe, "The first 85 million years of avian evolution," *Nature* 378 (1995), pp. 349-355. Quotations by Chiappe and Ruben are from Roger L DiSilvestro, "In quest of the origin of birds," *BioScience* 47 (1997), pp. 481-485.

### **Dethroning Archaeopteryx**

Birds are dinosaurs: Dingus and Rowe, *The Mistaken Extinction*, pp. 205-206. See also Kevin Padian and Luis M. Chiappe, "The Origin of Birds and Their Flight," *Scientific American* (February, 1998), pp. 38-47.

Gee quotations are from Henry Gee, *In Search of Deep Time* (New York: The Free Press, 1999), pp. 195-197.

### **The "Piltdown bird"**

Christopher P. Sloan, "Feathers for T. Rex?" *National Geographic* 196 (November, 1999), pp. 98-107. National Geographic's web-site retraction is at [http://www.ngnews.com/news/2000/01/01212000/feathereddino\\_9321.txt](http://www.ngnews.com/news/2000/01/01212000/feathereddino_9321.txt). Rex Dalton, "Feathers fly over Chinese fossil bird's legality and authenticity," *Nature* 403 (2000), pp. 689-690; "Fossil smuggling unopposed," *Nature* 403 (2000), p. 687; William L. Allen, "Fooled, but not foolish," letter to *Nature* 404

(2000), p. 541; Xu Xing, "Feathers for T. rex?" letter to National Geographic (March, 2000), pp. Forum section. See also Constance Holden, "Florida Meeting Shows Perils, Promise of Dealing for Dinos," Science 288 (2000), pp. 238-239; Jeff Hecht, "Piltdown bird," New Scientist 165 (January 29, 2000), p. 12; Rex Dalton, "Fake bird fossil highlights the problem of illegal trading," Nature 404 (2000), p. 696.

The open letter from Storrs Olson to Peter Raven was dated November 1, 1999, and sent in electronic form (as an email message) and hard copy. The authenticity of the letter and its contents were confirmed to me in a personal communication from Stern Olson on April 24, 2000.

### **Feathers for Bambiraptor**

The Florida Symposium on Dinosaur Bird Evolution, April 7 and 8, 2000, Ft. Lauderdale, Florida. Sponsored by the Florida Institute of Paleontology and The Graves Museum of Archaeology and Natural History. The original scientific description is David A. Burnham, Kraig L. Derstler, Philip J. Currie, Robert T. Bakker, Zhonghe Zhou, and John H. Ostrom, "Remarkable New Birdlike Dinosaur (Theropoda: Maniraptora) from the Upper Cretaceous of Montana," The University of Kansas Paleontological Contributions, New Series, Number 13 (March 15, 2000). Paleontologists' quotes are from "Another Birdlike Dino Unveiled," Science 287 (March 24, 2000), p. 2145; and David Burnham, in a videotape played in the exhibit room at the Florida conference, April 7-8, 2000. See also Constance Holden, "Florida Meeting Shows Perils, Promise of Dealing for Dinos," Science 288 (2000), pp. 238-239.

Figures 6-3 and 6-4 are based on the reconstructed Bambiraptor specimen displayed at the Florida Symposium on Dinosaur Bird Evolution, April 7-8, 2000. See also David A. Burnham, Kraig L. Derstler, Philip J. Currie, Robert T. Bakker, Zhonghe Zhou, and John H. Ostrom, "Remarkable New Birdlike Dinosaur (Theropoda:

Maniraptora) from the Upper Cretaceous of Montana," The University of Kansas Paleontological Contributions, New Series, Number 13 (March 15, 2000).

On feathered Velociraptors at the American Museum of Natural History in New York, see Sharon Begley and Thomas Hayden, "When Dinosaurs Roamed the Earth;" Newsweek (May 15, 2000), pp. 66-68. The quotations from Feduccia and Martin are from Pat Shipman, "Birds do it... did dinosaurs?" New Scientist (February 1, 1997), pp. 27-31.

### **Turkey DNA from Triceratops?**

Damien Marsic, Parker Carroll, Laura Heffelfinger, Tyler Lyson, Joseph D. Ng, and William R. Garstka, "DNA Sequence of the Mitochondrial 12S rRNA Gene from Triceratops Fossils: Molecular Evidence Supports the Evolutionary Relationship between Dinosaurs and Birds," Publications in Paleontology, No. 2, Graves Museum of Archaeology and Natural History, Dania Beach, FL (April 7-8, 2000), p. 19; Constance Holden, "Dinos and Turkeys: Connected by DNA?" Science 288 (2000), p. 238.

On the inability to recover useful sequence information from DNA older than a million years, see Tomas Lindahl, "Instability and decay of the primary structure of DNA," Nature 362 (1993), pp. 709-715.

### **The "cracked kettle" approach to doing science**

The title of Kevin Padian's talk was "Methods and Standards of Evidence: Why the Bird-Dinosaur Controversy is Dead." The abstract is in Publications in Paleontology, No. 2, Graves Museum of Archaeology and Natural History, Dania Beach, FL (April 7-8, 2000), p. 21.

### **Whatever happened to Archaeopteryx?**

Textbook quotations are from Sylvia Mader, Biology, Sixth Edition (Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1998), p. 296; William D. Schraer



and Herbert J. Stoltze, *Biology: The Study of Life*, Seventh Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999), p. 761.

### **Chapter 7: Peppered Moths**

Darwin, *The Origin of Species*, Introduction, p. 14; the "imaginary illustrations" quotation is from Chapter IV, p. 70; Hermon C. Bumpus, "The Elimination of the Unfit as Illustrated by the Introduced Sparrow, *Passer domesticus*," pp. 209-226 in *Biological Lectures from the Marine Biological Laboratory, 1898* (Boston: Ginn & Company, 1899). See also John Endler, *Natural Selection in the Wild* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986); Jonathan Weiner, *The Beak of the Finch* (New York: Vintage Books, 1994). pp. 226-227; Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), p. 586; H. B. D. Kettlewell, "Darwin's Missing Evidence," *Scientific American* 200 (March 1959), pp. 48-53.

### **Industrial melanism**

Most accounts of industrial melanism claim that the first melanic moth was captured in 1848, but several writers refer to a collection made before 1811; see E. B. Ford, *Ecological Genetics*, Fourth Edition (London: Chapman and Hall, 1975), p. 329.

J. W. Tutt, *British Moths* (London: George Roudedge, 1896); J. W. H. Harrison, "Genetical studies in the moths of the geometrid genus *Oporabia* (*Oporinia*) with a special consideration of melanism in the Lepidoptera," *Journal of Genetics* 9 (1920), pp. 195-280; J. W. Heslop Harrison, "The Experimental Induction of Melanism, and other Effects, in the Geometrid Moth *Selenia bilunaria* esp.," *Proceedings of the Royal Society of London B* 117 (1935), pp. 78-92; E. B. Ford, "Problems of heredity in the Lepidoptera," *Biological Reviews* 12 (1937), pp. 461-503; E. B. Ford, *Ecological Genetics*, pp. 319-321. See also Michael E. N. Majerus, *Melanism: Evolution in Action* (Oxford: Oxford University Press, 1998).

### **Kettlewell's experiments**

H. B. D. Kettlewell, "Selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera," *Heredity* 9 (1955), pp. 323-342; H. B. D. Kettlewell, "Further selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera," *Heredity* 10 (1956), pp. 287-301. See also Bernard Kettlewell, *The Evolution of Melanism* (Oxford: Clarendon Press, 1973).

### **Darwin's missing evidence**

Quotations are from H. B. D. Kettlewell, "Selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera," *Heredity* 9 (1955), pp. 323-342; H. B. D. Kettlewell, "Darwin's Missing Evidence," *Scientific American* 200 (March 1959), pp. 48-53; P. M. Sheppard, *Natural Selection and Heredity*, Fourth Edition (London: Hutchinson University Library, 1975), p. 70; Sewall Wright, *Evolution and the Genetics of Populations*, Vol. 4: Variability Within and Among Natural Populations (Chicago: The University of Chicago Press, 1978), p. 186; J. S. Jones, "More to melanism than meets the eye," *Nature* 300 (1982), p. 109.

On the decline of melanism see C. A. Clarke and P. M. Sheppard, "A local survey of the distribution of industrial melanic forms in the moth *Biston betularia* and estimates of the selective values of these in an industrial environment," *Proceedings of the Royal Society of London B* 165 (1966), pp. 424-439; Bernard Kettlewell, *The Evolution of Melanism*; J. A. Bishop and Laurence M. Cook, "Moths, Melanism and Clean Air," *Scientific American* 232 (1975), pp. 90-99. See also D. R. Lees, "Industrial melanism: genetic adaptation of animals to air pollution," pp. 129-176 in J. A. Bishop and L. M. Cook (editors), *Genetic Consequences of Man-made Change* (London: Academic Press, 1981).

### **Problems with the evidence**

J. A. Bishop, "An experimental study of the decline of industrial

melanism in *Biston betularia* (L.) (Lepidoptera) between urban Liverpool and rural North Wales," *Journal of Animal Ecology* 41 (1972), pp. 209-243; D. R. Lees and E. R. Creed, "Industrial melanism in *Biston betularia*: the role of selective predation," *Journal of Animal Ecology* 44 (1975), pp. 67-83; R. C. Steward, "Industrial and nonindustrial melanism in the peppered moth, *Biston betularia* (L.)," *Ecological Entomology* 2 (1977), pp. 231-243; R. J. Berry, "Industrial melanism and peppered moths (*Biston betularia* (L.)), " *Biological Journal of the Linnean Society* 39 (1990), pp. 301-322. See also J. A. Bishop and L. M. Cook, "Industrial melanism and the urban environment," *Advances in Ecological Research* 11 (1980), pp. 373-404; G. S. Mani, "Theoretical models of melanism in *Biston betularia*—a review," *Biological Journal of the Linnean Society* 39 (1990), pp. 355-371.

### **The exaggerated role of lichens**

Bernard Kettlewell, *The Evolution of Melanism*; D. R. Lees, E. R. Creed, and L. G. Duckett, "Atmospheric pollution and industrial melanism," *Heredity* 30 (1973), pp. 227-232; C. A. Clarke, G. S. Mani, and G. Wynne, "Evolution in reverse: clean air and the peppered moth," *Biological Journal of the Linnean Society* 26 (1985), pp. 189-199; Bruce S. Grant and Rory J. Howlett, "Background selection by the peppered moth (*Biston betularia* Linn.): individual differences," *Biological Journal of the Linnean Society* 33 (1988), pp. 217-232; B. S. Grant, D. F. Owen, and C. A. Clarke, "Parallel Rise and Fall of Melanic Peppered Moths in America and Britain," *Journal of Heredity* 87 (1996), pp. 351-357; B. S. Grant, A. D. Cook, C. A. Clarke, and D. F. Owen, "Geographic and Temporal Variation in the Incidence of Melanism in Peppered Moth Populations in America and Britain," *Journal of Heredity* 89 (1998), pp. 465-471. See also D. E. Owen, "The Evolution of Melanism in Six Species of North American Geometrid Moths," *Annals of the Entomological Society of America* 55 (1962), pp. 695-703; Bruce S. Grant, Denis E. Owen, and Cyril A. Clarke, "Decline of melanic moths," *Nature* 373 (1995),

p. 565.

### **Peppered moths don't rest on tree trunks**

The one attempt to release moths before dawn is described in Bernard Kettlewell, *The Evolution of Melanism*, p. 129; Kettlewell's quotation about moths choosing positions higher in the trees is from H. B. D. Kettlewell, "Selection experiments on industrial melanism in the Lepidoptera," *Heredity* 9 (1955), pp. 323-342.

Research using dead specimens glued or pinned to tree trunks included C. A. Clarke and P. M. Sheppard, "A local survey of the distribution of industrial melanic forms in the moth *Biston betularia* and estimates of the selective values of these in an industrial environment," *Proceedings of the Royal Society of London B* 165 (1966), pp. 424-439; J. A. Bishop, "An experimental study of the cline of industrial melanism in *Biston betularia* (L.) (Lepidoptera) between urban Liverpool and rural North Wales," *Journal of Animal Ecology* 41 (1972), pp. 209-243; D. R. Lees and E. R. Creed, "Industrial melanism in *Biston betularia*: the role of selective predation," *Journal of Animal Ecology* 44 (1975), pp. 67-83; R. C. Steward, "Melanism and selective predation in three species of moths," *Journal of Animal Ecology* 46 (1977), pp. 483-496; N. D. Murray, J. A. Bishop, and M. R. MacNair, "Melanism and predation by birds in the moths *Biston betularia* and *Phigalia pilosauria*," *Proceedings of the Royal Society of London B* 210 (1980), pp. 277-283.

Misgivings about the use of dead moths were expressed by Kettlewell in his book, *The Evolution of Melanism*, p. 150; and by J. A. Bishop and Laurence M. Cook, "Moths, Melanism and Clean Air," *Scientific American* 232 (1975), pp. 90-99.

For actual evidence regarding the moth's natural resting places, see K. Mikkola, "On the selective forces acting in the industrial melanism of *Biston* and *Oligia* moths (Lepidoptera: Geometridae and Noctuidae)," *Biological Journal of the Linnean Society* 21 (1984),

pp. 409-421; C. A. Clarke, G. S. Mani, and G. 'Wynne, "Evolution in reverse: clean air and the peppered moth," *Biological Journal of the Linnean Society* 26 (1985), pp. 189-199; Rory]. Howlett and Michael E. N. Majerus, "The understanding of industrial melanism in the peppered moth (*Biston betularia*) (Lepidoptera: Geometridae)," *Biological Journal of the Linnean Society* 30 (1987), pp. 31-44; Tony G. Liebert and Paul M. Brakefield, "Behavioural studies on the peppered moth *Biston hetularia* and a discussion of the role of pollution and lichens in industrial melanism," *Biological Journal of the Linnean Society* 31 (1987), pp. 129-150; M. E. N. Majerus, *Melanism: Evolution in Action*, p. 116. For a short review, see Jeremy Cherfas, "Exploding the myth of the melanic moth," *New Scientist* (December 25, 1986-January 1, 1987), p. 25.

### **Staged photographs**

A 1975 photo using torpid live moths is in J. A. Bishop and Laurence M. Cook, "Moths, Melanism and Clean Air," *Scientific American* 232 (1975), pp. 90-99. (The procedure for making the photo was confirmed to me in a personal communication from L. M. Cook, 1998, University of Manchester, Manchester, U.K.) The Sargent statement is from Larry Witham, "Darwinism icons disputed: Biologists discount moth study," *The Washington Times* (National Weekly Edition) (January 25-31, 1999), p. 28.

### **Doubts about the classical story**

Giuseppe Sermonti and Paola Catastini, "On industrial melanism: Kettlewell's missing evidence," *Rivista di Biologia* 77 (1984), pp. 35-52; Atuhiko Sibatani, "Industrial Melanism Revisited," *Rivista di Biologia* 92 (1999), pp. 349-356. See also David M. Lambert, Craig D. Millar, and Tony G. Hughes, "On the classic case of natural selection," *Rivista di Biologia* 79 (1986), pp. 11-49; Craig Millar and David Lambert, "Industrial melanism—a classic example of another kind?" a review of Michael Majerus's *Melanism: Evolution in Action*, *BioScience* 49 (1999), pp. 1021-1023.

Theodore D. Sargent, Craig D. Millar, and David M. Lambert, "The 'Classical' Explanation of Industrial Melanism: Assessing the Evidence," *Evolutionary Biology* 30 (1998), pp. 299-322. See also Jonathan Wells, "Second Thoughts about Peppered Moths," *The Scientist* (May 24, 1999), p. 13.

On thermal melanism in ladybird beetles, see E. R. Creed, "Geographic variation in the two-spot ladybird in England and Wales," *Heredity* 21 (1966), pp. 57-72; Paul M. Brakefield, "Polymorphic Mfillerian mimicry and interactions with thermal melanism in ladybirds and a soldier beetle: a hypothesis," *Biological Journal of the Linnean Society* 26 (1985), pp. 243-267. See also E. B. Ford, *Ecological Genetics*. For recent defenses of the classical story that acknowledge its complexities, see Michael E. N. Majerus, *Melanism: Evolution in Action* (Oxford: Oxford University Press, 1998); Laurence Cook, a review of Michael Majerus's *Melanism: Evolution in Action*, *Genetical Research*, Cambridge 72 (1998), pp. 73-75; M. E. N. Majerus, C. F. A. Brunton, and J. Stalker, "A bird's eye view of the peppered moth," *Journal of Evolutionary Biology* 13 (2000), pp. 155-159; L. M. Cook, "Changing views on molanic moths," *Biological Journal of the Linnean Society* 69 (2000), pp. 431-441.

### **Science or alchemy?**

Jerry Coyne, "Not black and white," a review of Michael Majerus's *Melanism: Evolution in Action*, *Nature* 396 (1998), pp. 35-36; Bruce S. Grant, "Fine Tuning the Peppered Moth Paradigm," *Evolution* 53 (1999), pp. 980-984; John A. Endler, *Natural Selection in the Wild* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986), p. 164.

### **The peppered myth**

Textbook quotations are from Kenneth R. Miller and Joseph Levine, *Biology*, Fifth Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000), pp. 297, 298; Burton S. Guttman, *Biology* (Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1999), pp. 35-36; George B. Johnson, *Biology*:

Visualizing life, Annotated Teacher's Edition (Orlando, FL: Holt, Rinehart and Winston, 1998), p. 182; Cede Starr and Ralph Taggart, Biology: The Unity and Diversity of Life, Eighth Edition (Belmont, CA: Wadsworth Publishing, 1998), p. 286.

One laudable exception to the widespread use of staged pictures is Mark Ridley's textbook, Evolution, Second Edition (Cambridge, MA: Blackwell Science, 1996), which carries photos of peppered moths resting under horizontal branches on p. 104.

Other textbooks that feature the peppered myth include: Kenneth R. Miller and Joseph Levine, Biology: The Living Science (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998), p. 234; Eric Strauss and Marilyn Lisowski, Biology: The Making of Life, Second Edition (Glenview, IL: Scott Foresman/Addison Wesley 2000), p. 250; Sylvia Mader, Biology, Sixth Edition (Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1998), p. 310; Teresa Audesirk and Gerald Audesirk, Biology: Life on Earth, Fifth Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999), p. 268. The Ritter quotation is from Carla Yu, "Moth-eaten Darwinism: A disproven textbook case of natural selection refuses to die," Alberta Report Newsmagazine Vol. 26, No. 15 (April 5, 1999), pp. 38-39. The textbook in question is Bob Ritter, Richard F. Coombs, R. Bruce Drysdale, Grant A. Gardner, and Dave T Lunn, Biology (Scarborough, ONT: Nelson Canada, 1993), which deals with peppered moths on pp. 109-110.

The Coyne quotations are from Jerry Coyne, "Not black and white," a review of Michael Majerus's Melanism: Evolution in Action, Nature 396 (1998), pp. 35-36.

## **Chapter 8: Darwin's Finches**

### **The legend of Darwin's finches**

Sulloway's quotations are from Frank J. Sulloway, "Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend," Journal of the History of Biology 15 (1982), pp. 1-53; Sulloway, "Darwin and the Galapagos,"

Biological Journal of the Linnean Society 21 (1984), pp. 29-59. See also Sulloway, "Darwin's Conversion: The Beagle Voyage and Its Aftermath," *Journal of the History of Biology* 15 (1982), pp. 325-396; and Sulloway, "The legend of Darwin's finches," *letter to Nature* 303 (1983), p. 372.

The first edition of Darwin's journal mentions that "in the thirteen species of ground-finches, a nearly perfect gradation may be traced, from a beak extraordinarily thick, to one an fine, that it may be compared to that of a warbler. I very much suspect, that certain members of the series are confined to different islands; therefore, if the collection had been made on any one island, it would not have presented so perfect a gradation." Charles Darwin, *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the various countries visited by H. M. S. Beagle, (1839), Facsimile Reprint of the First Edition (New York: Hafner Publishing, 1952), p. 475.* The fact that Darwin referred to "thirteen" species, the number currently recognized, is mere coincidence; his thirteen "species" are not the modern thirteen. The expanded quotation from the second edition of the journal is from Charles Darwin, *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage of H. M. S. Beagle Round the World, under the Command of Capt. Fitz-Roy, R. N, Second Edition (London: John Murray, 1845), p. 380.*

The finches were first called "Darwin's" in Percy Lowe, "The Finches of the Galipagos in relation to Darwin's Conception of Species," *Ibis* 6 (1936), pp. 310-321. The name was popularized by David Lack, *Darwin's Finches (Cambridge: Cambridge University Press, 1947).*

### **Darwin's finches as an iron of evolution**

Subway quotations are from Frank J. Sulloway; "Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend," *Journal of the History of Biology* 15 (1982), pp. 1-53.

Textbook selections are from James L. Gould and William T. Keeton,



Biological Science, Sixth Edition (New York: W. W. Norton, 1996), p. 500; Peter H. Raven and George B. Johnson, Biology, Fifth Edition (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), p. 410; George B. Johnson, Biology: Visualizing Life, Annotated Teacher's Edition (Orlando, FL: Holt, Rinehart & Winston, 1998), p. 174.

### **Evidence for evolution?**

On the genetics of finch beaks: There have been several studies on the heritability of beaks, meaning the likelihood that offspring will closely resemble their parents in this trait. Heritability of beak depth in *Geospiza firth*, the species most intensely studied by the Grants, is about 80 percent. Although this may point to a strong genetic (Le., DNA-encoded) component, it does not identify which genes might be involved. See Peter T. Boag, "The Heritability of External Morphology in Darwin's Ground Finches (*Ceospiza*) on Isla Daphne Major, Galipagos," *Evolution* 37 (1983), pp. 877-894; Peter R. Grant, *Ecology and Evolution of Darwin's Finches* (Princeton: Princeton University Press, 1986), pp. 180-182; Peter T. Boag and Arie J. van Noordwijk, "Quantitative Genetics," pp. 45-78 in E Cooke and P. A. Buckley (editors), *Avian Genetics: A Population and Ecological Approach* (London: Academic Press, 1987).

A 1984 genetic study of Darwin's finches found little or no genetic difference among several species; see James L. Patton, "Genetical processes in the Galapagos;" *Biological Journal of the Lin-near' Society* 21 (1984), pp. 91-111. A 1984 study which did not identify any genes involved in determining beak morphology was T. D. Price, P. R. Grant, and P. T. Boag, "Genetic Changes in the Morphological Differentiation of Darwin's Ground Finches," pp. 49-66 in K. Wolsrnnann and V. Loeschcke (editors), *Population Biology and Evolution* Springer-Verlag, 1984). See also Peter R. Grant, *Ecology and Evolution of Darwin's Finches*, pp. 177, 198-199, 281-283, 395, 399, 405-406.

On the lack of observable chromosome differences among the

finches, see Nancy Jo, "Karyotypic Analysis of Darwin's Finches," pp. 201-217 in Robert L Bowman, Margaret Berson, and Alan E. Leviton (editors), *Patterns of Evolution in Galapagos Organisms* (San Francisco, CA: Pacific Division, AAAS, 1983.)

There have been a number of molecular phylogenetic studies of Darwin's finches, but molecular phylogeny must, by its very nature, rely on genes that are not subject to natural selection—otherwise mutations would not accumulate merely as a function of time and DNA sequence differences would not reflect divergence times. For some recent studies, see Kenneth Petren, B. Rosemary Grant, and Peter R. Grant, "A phylogeny of Darwin's finches based on mitochondrial DNA length variation," *Proceedings of the Royal Society of London B* 266 (1999), pp. 321-329; Aida Sato, Cohn O'Huigin,

Felipe Figueroa, Peter R. Grant, B. Rosemary Grant, Herbert Tichy, and Jan Klein, "Phylogeny of Darwin's finches as revealed by mtDNA sequences," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96 (1999), pp. 5101-5106.

Peter and Rosemary Grant concluded in 1997: "The knowledge base from which to generalize about the genetics of bird speciation is precariously thin." Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Genetics and the origin of bird species," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94 (1997), pp. 7768-7775.

### **The beak of the finch**

For the details of this famous story see Jonathan Weiner, *The Beak of the Finch* (New York: Vintage Books, 1994); the quotations are from pp. 9, 112. The Grant quotation is from Peter R. Grant, "Natural Selection and Darwin's Finches," *Scientific American* 265 (October 1991), pp. 82-87. See also Peter T. Boag and Peter R. Grant, "Intense Natural Selection in a Population of Darwin's Finches

(Geospizinae) in the Galapagos," *Science* 214 (1981), pp. 82-85; Peter R. Grant, *Ecology and Evolution of Darwin's Finches* (Princeton: Princeton University Press, 1986).

### **When the rains returned**

Quotations about the reversal of selection are from H. Lisle Gibbs and Peter R. Grant, "Oscillating selection on Darwin's finches," *Nature* 327 (1987), pp. 511-513; Weiner, *The Beak of the Finch*, pp. 104-105, 176; Peter R. Grant, "Natural Selection and Darwin's Finches," *Scientific American* 265 (October 1991), pp. 82-87. See also Peter R. Grant, *Ecology and Evolution of Darwin's Finches*, pp. 184, 375, 395; Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Predicting Microevolutionary Responses to Directional Selection on Heritable Variation" *Evolution* 49 (1995), pp. 241-251.

A reversal of drought-induced selection after the rains returned was also observed in the large cactus finch on Isla Genovesa; see B. Rosemary Grant and Peter R. Grant, *Evolutionary Dynamics of a Natural Population* (Chicago: The University of Chicago Press, 1989).

According to paleobiologist Robert Carroll, oscillating natural selection is the rule rather than the exception. See Robert L. Carroll, "Towards a new evolutionary synthesis," *Trends in Ecology and Evolution* 15 (2000), pp. 27-32: "Over the duration of most species, the intensity and direction of selection change repeatedly, either in an oscillating manner or in what appears to be a random walk.... for much of the duration of the majority of species there is relatively little net change, even over hundreds of thousands of years".

### **Diverging or merging?**

The Grant quotations are from B. Rosemary Grant and Peter R. Grant, "Evolution of Darwin's finches caused by a rare climatic event," *Proceedings of the Royal Society of London B* 251 (1993), pp. 111-117; Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Hybridization of Bird Species," *Science* 256 (1992), pp. 193-197. Weiner's

quotations are from his *The Beak of the Finch*, pp. 197,176. See also B. Rosemary Grant and Peter R. Grant, "High Survival of Darwin's Finch Hybrids: Effects of Beak Morphology and Diets," *Ecology* 77 (1996), pp. 500-509; B. Rosemary Grant and Peter R. Grant, "Hybridization and Speciation in Darwin's Finches," pp. 404-422, in Daniel J. Howard and Stewart H. Berlocher (editors), *Endless Forms: Species and Speciation* (New York: Oxford University Press, 1998); Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Speciation and hybridization of birds on islands," pp. 142-162, in Peter R. Grant (editor), *Evolution on Islands* (Oxford: Oxford University Press, 1998).

### **Fourteen species, or six?**

The Grant quotations are from Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Hybridization of Bird Species," *Science* 256 (1992), pp. 193-197; Peter R. Grant, "Hybridization of Darwin's finches on Isla Daphne Major, Galapagos," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 340 (1993), pp. 127-139. See also P. Grant, *Ecology and Evolution of Darwin's Pinches*, p. 206; B. Rosemary Grant and Peter R. Grant, "Hybridization and Speciation in Darwin's Finches," pp. 404-422, in Daniel J. Howard and Stewart H. Berlocher (editors), *Endless Forms: Species and Speciation* (New York: Oxford University Press, 1998).

### **Exaggerating the evidence**

The Grant quotations are from Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Speciation and hybridization in island birds," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 351 (1996), pp. 765-772; Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, "Speciation and hybridization of birds on islands," pp. 142-162 in Peter P.. Grant (editor), *Evolution on Islands* (Oxford: Oxford University Press, 1998), p. 155. The Ridley quotation is from Mark Ridley, *Evolution*, Second Edition (Cambridge, MA: Blackwell Science, 1996), pp. 570-571. National Academy of Sciences, *Science and Creationism: A*

View from the National Academy of Sciences, Second Edition (Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 1999), Chapter on "Evidence Supporting Biological Evolution," p. 2; except for the "compelling example of speciation" hyperbole, the same story was presented in the National Academy's booklet, Teaching About Evolution and the Nature of Science (Washington, DC: National Academy Press, 1998), Chapter 2, p. 10. The Johnson quotation is from Phillip E. Johnson, "The Church of Darwin," The Wall Street Journal (August 16, 1999), pp. A14.

### **Chapter 9: Four-Winged Fruit Flies**

Figure 9-1 based on E. B. Lewis, "Control of Body Segment Differentiation in *Drosophila* by the Bithorax Gene Complex," pp. 269-288 in Max M. Burger and Rudolf Weber (editors), Embryonic Development, Part A: Genetic Aspects (New York, Alan R. Liss, 1982), Fig. 3, p. 274.

### **The origin of variations from Darwin to DNA**

Darwin, *The Origin of Species*, Chapter 1, p. 37. See also Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982); Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, Second Edition (Berkeley, CA: University of California Press, 1989). The Dobzhansky quotation is from Theodosius Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species* (New York: Columbia University Press, 1937), p. 13. The Monod quotation is from Horace Freeland Judson, *The Eighth Day of Creation: The Makers of the Revolution in Biology* (New York: Simon and Schuster, 1979), p. 217.

### **Beneficial biochemical mutations**

For an introduction to the enormous literature on antibiotic resistance, see Harold C. Neu, "The Crisis in Antibiotic Resistance," *Science* 257 (1992), pp. 1064-1073; Julian Davies, "Inactivation of Antibiotics and the Dissemination of Resistance Genes," *Science*

264 (1994), pp. 375-382; Brian G. Spratt, "Resistance to Antibiotics Mediated by Target Alterations," *Science* 264 (1994), pp. 388-393; Martin C. J. Maiden, "Horizontal Genetic Exchange, Evolution, and Spread of Antibiotic Resistance in Bacteria," *Clinical Infectious Diseases* 27 Supplement 1 (1998): S12—S20. On enzymatic inactivation as the most common cause of insecticide resistance, see Michel Raymond, Amanda Callaghan, Phillippe

Fort, and Nicole Pasteur, "Worldwide migration of amplified insecticide resistance genes in mosquitoes," *Nature* 350 (1991), pp. 151-153. For some general background on the role of mutations in insecticide and pesticide resistance, see Richard T. Roush and John A. McKenzie, "Ecological Genetics of Insecticide and Acaricide Resistance," *Annual Review of Entomology* 32 (1987), pp. 361-380.

On sickle-cell anemia, see Anthony C. Allison, "Sickle Cells and Evolution," *Scientific American* 195 (1956), pp. 87-94; F. Vogel and A. G. Morulsky, *Human Genetics*, Third Edition (Berlin: SpringerVerlag, 1997), pp. 299-301, 520-528.

### **The four-winged fruit fly**

Thomas Hunt Morgan, Calvin B. Bridges, and A. H. Sturtevant, *The Genetics of Drosophila*, Reprint Edition (New York: Garland Publishing, 1988; originally S'Gravenhage, Netherlands: M. Nijhoff, 1925), p. 79; F. H. C. Crick and P. A. Lawrence, "Compartments and Polyclones in Insect Development," *Science* 189 (1975), pp. 340-347; E. B. Lewis, "A gene complex controlling segmentation in *Drosophila*," *Nature* 276 (1978), pp. 565-570; E. B. Lewis, "Control of Body Segment Differentiation in *Drosophila* by the Bithorax Gene Complex," pp. 269-288 in Max M. Burger, and Rudolf Weber (editors), *Embryonic Development, Part A: Genetic Aspects* (New York, Alan R. Liss, 1982); E. B. Lewis, "Regulation of the Genes of the Bithorax Complex in *Drosophila*," *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 50 (1985), pp. 155-164; Jordi Casanova, Ernesto Sanchez-Herrero, and Gines Morata, "Prothoracic

Transformation and Functional Structure of the Ultrabithorax Gene of *Drosophila*," *Cell* 42 (1985), pp. 663-669; Philip A. Beachy, "A molecular view of the Ultrabithorax homeotic gene of *Drosophila*," *Trends in Genetics* 6 (1990), pp. 46-51.

Figure 9-2 data are from Mark Peifer and Welcome Bender, "The anterior bithorax and bithorax mutations of the bithorax complex," *EMBO Journal* 5 (1986), pp. 2293-2303; E. B. Lewis, "Genes and Developmental Pathways," *American Zoologist* 3 (1963), pp. 33-56.

### **Four-winged fruit flies and evolution**

The textbook quotation is from Peter H. Raven and George B. Johnson, *Biology*, Fifth Edition (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), p. 334. See also William K. Purves, Gordon H. Orians, H. Craig Heller, and David Sadava, *Life: The Science of Biology*, Fifth Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), pp. 508-509; Douglas Futuyma, *Evolutionary Biology*, Third Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), pp. 48-49.

On the absence of flight muscles in the second pair of wings, see H. H. El Shatoury, "Developmental Interactions in the Development of the Imaginal Muscles of *Drosophila*," *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 4 (1956), pp. 228-239; Alberto Ferrus and Douglas R. Kankel, "Cell Lineage Relationships in *Drosophila melanogaster* The Relationships of Cuticular to Internal Tissues," *Developmental Biology* 85 (1981), pp. 485-504; M. David Egger, Suzan Harris, Bonnie Peng, Anne M. Schneiderman, and Roberti. Wyman, "Morphometric Analysis of Thoracic Muscles in Wildtype and in Bithorax *Drosophila*," *The Anatomical Record* 226 (1990), pp. 373-382; J. Fernandes, S. E. Celniker, E. B. Lewis, and K. VijayRaghavan, "Muscle development in the four-winged *Drosophila* and the role of the Ultrabithorax gene," *Current Biology* 4 (1994), pp. 957-964; Sudipto Roy, L. S. Shashidhara, and K. VijayRaghavan, "Muscles in the *Drosophila* second thoracic segment are patterned independently of autonomous homeotic

gene function," *Current Biology* 7 (1997), pp. 222-227.

For Mar's critique of macromutations, see Ernst Mayr, *Populations, Species and Evolution*, an abridgement of his 1963 book, *Animal Species and Evolution* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1970), pp. 251-253. Mayr was criticizing the view of Berkeley geneticist Richard Goldschmidt that major mutations—producing what Goldschmidt called "hopeful monsters"—might overcome the inability of small mutations to account for evolution. See Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, Revised Edition (Berkeley, CA: University of California Press, 1989), pp. 339-340.

### **Evolution in reverse?**

National Academy of Sciences, *Teaching About Evolution and the Nature of Science* (Washington, DC: National Academy Press, 1998), Chapter 5, p. 2. See also National Academy of Sciences, *Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences*, Second Edition (Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 1999), Appendix, p. 1.

On the complex network of interactions controlled by Ultrabithorax, see Scott D. Weatherbee, Georg Halder, Jaeseob Kim, Angela Hudson, and Sean Carroll, "Ultrabithorax regulates genes at several levels of the wing-patterning hierarchy to shape the development of the *Drosophila* haltere," *Genes & Development* 12 (1998), pp. 1474-1482.

### **Are DNA mutations the raw materials for evolution?**

Textbook quotations are from Cede Starr and Ralph Taggart, *Biology: The Unity and Diversity of Life*, Eighth Edition (Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company, 1998), p. 283; Burton S. Guttman, *Biology* (Boston: WCB/McGraw-Hill, 1999), p. 470.

On saturation mutagenesis in fruit flies, see Christiane NfissleinVolhard and Eric Wieschaus, "Mutations affecting segment number and polarity in *Drosophila*," *Nature* 287 (1980), pp. 795-



801; Daniel St. Johnston and Christiane NiissleinVolhard, "The Origin of Pattern and Polarity in the Drosophila Embryo," *Cell* 68 (1992), pp. 201-219. On saturation mutagenesis in zebrafish, see Peter Aldhous, "'Saturation screen' lets zebrafish show their stripes," *Nature* 404 (2000), p. 910; Gretchen Vogel, "Zebrafish Earns Its Stripes in Genetic Screens," *Science* 288 (2000), pp. 1160-1161.

### **Beyond the gene**

For recent publications questioning whether genes control development, see B. C. Goodwin, "What are the Causes of Morphogenesis?" *BioEssays* 3 (1985), pp. 32-36; J. M. Barry, "Informational DNA: a useful concept?" *Trends in Biochemical Sciences* 11 (1986), pp. 317-318; Michael Locke, "Is there somatic inheritance of intracellular patterns?" *Journal of Cell Science* 96 (1990), pp. 563-567; H. E Nijhout, "Metaphors and the Role of Genes in Development," *BioEssays* 12 (1990), pp. 441-446; Jonathan Wells, "The History and Limits of Genetic Engineering," *International Journal on the Unity of the Sciences* 5 (1992), pp. 137-150; Brian C. Goodwin, *How the Leopard Changed Its Spots* (New York: Charles Scribner's Sons, 1994.)

On the rise of the neo-Darwinian monopoly in genetics see Jan Sapp, *Beyond the Gene: Cytoplasmic Inheritance and the Struggle for Authority in Genetics* (Oxford: Oxford University Press, 1987); quotations are from pp. 59, 81, 85.

The Conference on "Genes and Development" was sponsored by the Institut fir Ethik and Geschichte der Mediain in Basel,

Switzerland, March 19-20,1999.1 am not mentioning the name of the German participant who told me her story, for the same reason I am withholding the name of the Chinese paleontologist mentioned at the end of the Tree of Life chapter—to protect her from Darwinian heresy-hunters.

## Chapter 10: Fossil Horses and Directed Evolution

Figure 10-1 is from William D. Matthew, "The Evolution of the Horse," Supplement to American Museum of Natural History Journal 3 (January 1903), Guide Leaflet No. 9, following p. 8.

Fossil bones and orthogenesis

On orthogenesis, see Ernst Mayr, *The Growth of Biological Thought* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), pp. 528-531; Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea*, Revised Edition (Berkeley, CA: University of California Press, 1989), pp. 268-270; Robert C. Richardson and Thomas C. Kane, "Orthogenesis and Evolution in the 19th Century: The Idea of Progress in American Neo-Lamarckism," pp. 149-167 in Matthew H. Nitecki (editor), *Evolutionary Progress* (Chicago: The University of Chicago Press, 1988).

The Schindewolf quotations are from Otto H. Schindewolf, *Basic Questions in Paleontology* (originally *Grundfragen der Palaontologie*, 1950), translated by Judith Schaefer (Chicago: The University of Chicago Press, 1993), p. 270,273.

The Simpson quotation is from George Gaylord Simpson, *The Meaning of Evolution* (New Haven, CT: Yale University Press, 1949), p. 159.

Revising the picture of horse evolution

The single most complete resource for information on horse evolution is Bruce J. McFadden, *Fossil Bones: Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992). For an earlier summary, see Bruce J. McFadden, "Horses, the Fossil Record, and Evolution," *Evolutionary Biology* 22 (1988), pp. 131-158. See also Robert G. Savage, *Mammal Evolution: An Illustrated Guide* (New York Sc

Oxford: Facts on File and The British Museum [Natural History]: 1986), pp. 200-205.

The Simpson quotation is from George Gaylord Simpson, *Tempo and Mode in Evolution* (New York, Columbia University Press, 1944), p. 163.

Figure 10-2 data are from Bruce J. McFadden, *Fossil Horses*, pp. 99,194.

On *Miohippus* preceding *Mesohippus*, see Donald R. Prather<sup>o</sup> and Neil Shubin, "The Evolution of Oligocene Horses," pp. 142-175 in Donald R. Prothero and Robert M. Schoch (editors), *The Evolution of Perissodactyls* (New York: Oxford University Press, 1989), p. 151; Bruce J. McFadden, *Fossil Horses* p. 176.

What does the evidence really show?

For Simpson's views, see George Gaylord Simpson, *The Meaning of Evolution* (New Haven, CT: Yale University Press, 1949), p. 159; Simpson, *Horses* (New York: Oxford University Press, 1951); Simpson, *The Major Features of Evolution* (New York: Simon & Schuster, 1953), pp. 260-265.

### **Undirected evolution from Darwin to Dawkins**

Darwin's quotations are from Francis Darwin (editor), *The Life and Letters of Charles Darwin* (New York: D. Appleton, 1887), Vol. I , pp. 278-279; Vol. II, pp. 105-106. See also Francis Darwin and A. C. Seward (editors), *More Letter of Charles Darwin* (New York D, Appleton, 1903), Vol. I, pp. 191-192, 321, 395; Francis Darwin (editor), *The LO and Letters of Charles Darwin*, Vol. 11, pp. 97-98. 146, 169-170, 247.

On Darwin's opposition to directed evolution, see Neal C. Gillespie, *Charles Darwin and the Problem of Creation* (Chicago: The University of Chicago Press, 1979); Jonathan Wells, "Charles Darwin on the Teleology of Evolution," *International Journal on the Unity of*

the Sciences 4 (1991), pp. 133-156.

The Simpson quotations are from Simpson, *The Meaning of Evolution*, pp. 132, 345. The Monod quotation is from Horace Freeland Judson, *The Eighth Day Of Creation* (New York: Simon & Schuster, 1979), p. 217.

### **The blind watchmaker**

William Paley, *Natural Theology*, Reprint of 1802 edition (Houston, TX: St. Thomas Press, 1972), p. 1; Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker* (New York: W. W. Norton, 1986), pp. x, 1, 5, 6, 287. Teaching materialistic philosophy in the guise of science Textbook quotations are from Kenneth R. Miller and Joseph S. Levine, *Biology*, Fifth Edition (Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2000), p. 658; William K. Purves, Gordon H. Orians, H. Craig Heller, and David Sadava, *Life: The Science of Biology*, Fifth Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), p. 10; Neil A. Campbell, Jane B. Reece, and Lawrence G. Mitchell, *Biology*, Fifth Edition (Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1999), pp. 412-413; Peter H. Raven and George B. Johnson, *Biology*, Fifth Edition (Boston: WCB/ McGraw-Hill, 1999), p. 15; Douglas J. Futuyma, *Evolutionary Biology*, Third Edition (Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998), pp. 8, 5.

### **Chapter 11: From Ape to Human: The Ultimate Icon**

Darwin, *The Origin of Species*, Conclusion, p. 373; Stephen Jay Gould, *Wonderful Life* (New York: W W. Norton, 1989), p. 28.

### **Are we (just) animals?**

Darwin, *The Descent of Man*, pp. 395, 445, 446, 456, 494, 471-472, 469, 470. The Dawkins quotation is from Richard Dawkins, "Darwinism and human purpose," pp. 137-143, in John R. Durant (editor), *Human Origins* (Oxford: Clarendon Press, 1989), pp. 137-138. Thomas Aquinas lists many senses and emotions that are "common to men and other animals" in his *Stoma nreologiae*, First

Part (Treatise on Man) and First Part of the Second Part (Treatise on the Divine Government.)

### **Finding evidence to fit the theory**

Thomas Henry Huxley, *Evidence as to Man's Place in Nature*, reprint of 1863 edition (New York: D. Appleton, 1886); quotations are from pp. 125 & 132 of the 1886 edition.

On Neanderthals, see Marcellin Boule and Henri V. Vallois, *Fossil Men: A Textbook of Human Palaeontology* (London: Thames and Hudson, 1957), originally *Les Hommes Fossiles* (1923); a comparison of Bottle's stooped reconstruction of a Neanderthal skeleton and a modern human is on p. 253. See also Niles Eldredge and Ian Tattersall, *The Myths of Human Evolution* (New York: Columbia University Press, 1982), P. 76.

Excluding Neanderthal from the human lineage helped to pre-prepare the way for Piltdown. See Michael Hammond, "A Framework of Plausibility for an Anthropological Forgery: The Piltdown Case," *Anthropology* 3 (1979), pp. 47-58; Lewin, *Bones of Contention*, pp. 63-70; Ian Tattersall, *The Fossil Trail: How We Know What We Think We Know About Human Evolution* (New York Oxford University Press, 1995), pp. 20-24, 36-39.

### **The Piltdown fraud**

The original published report of Piltdown was C. Dawson and A. S. Woodward, "On the discovery of a Palaeolithic human skull and mandible in a flint-bearing gravel overlying the Wealden (Hastings Beds) at Piltdown, Fletching (Sussex)," *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 69 (1913), pp. 117-151.

On the exposure of the Piltdown fraud, see J. S. Weiner, F. P. Oakley, and W. E. Le Gros Clark, "The Solution of the Piltdown Problem," *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology* 2 (1953), pp. 139-146; and J. S. Weiner, et al., "Further Contributions to the Solution of the Piltdown Problem," *Bulletin of*

the British Museum (Natural History), *Geology* 2 (1953), pp. 225-287; J. S. Weiner and K. P. Oakley, "The Piltdown Fraud: Available Evidence Reviewed," *American Journal of Physical Anthropology* 12 (1954), pp. 1-7; J. S. Weiner, *The Piltdown Forgery* (London: Oxford University Press, 1955). Some theories as to who the perpetrators might have been are in Ronald Millar, *The Piltdown Men* (London: Victor Gollancz, 1972); Stephen Jay Gould, "The Piltdown Conspiracy," *Natural History* 89 (August 1980), pp. 8-28; John Hathaway Winslow and Alfred Meyer, "The Perpetrator at Piltdown," *Science* 83 4 (September 1983), pp. 33-43.

Quotations are from Lewin, *Bones of Contention*, pp. 70, 73; Jane Maienschein, "The One and the Many: Epistemological Reflections on the Modern Human Origins Debate," pp. 413-422 in

G. A. Clark and C. M. Willermet (editors), *Conceptual Issues in Modern Human Origins Research* (New York: Aldine de Gruyter, 1997), p. 415; John Napier, *The Roots of Mankind* (Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1970), p. 139; Eldredge and Tattersall, *The Myths of Human Evolution*, pp. 126-127.

### **How much can the fossils show us?**

On the variable appearance of skull 1470, see Lewin, *Bones of Contention*, p. 160; see also Tattersall, *The Fossil Trail*, p. 133. The drawings of *Homo habilis* by four different artists are in "Behind the Scenes," *National Geographic* 197 (March, 2000), p. 140. The drawings are actually on an unnumbered page, buried among the advertisements at the end of the issue; the page number cited here was obtained by extrapolating from the last numbered page.

On the difficulty of reconstructing evolutionary history, see Constance Holden, "The Politics of Paleoanthropology," *Science* 213 (1981), pp. 737-740. The Gee quotations are from Henry Gee, In *Stank of Deep Time: Beyond the Fossil Record to a New History of Life* (New York: The Free Press, 1999), pp. 113, 23, 32, 202, 32, 116-117.

Paleoanthropology: science or myth?

On Durant's comments, see Lewin, *Bones of Contention*, p. 312; John R. Durant, "The myth of human evolution," *New Universities Quarterly* 35 (1981), pp. 425-438. For the report on Matt Cartmill's remarks, April 13, 1984, see Lewin, *Bones of Contention*, p. 302. Misia Landau, *Narratives of Human Evolution* (New Haven, CT: Yale University Press, 1991), pp. ix—x, 148.

For the Tattersall and Clark quotations, see Ian Tattersall, "Paleoanthropology and Preconception," pp. 47-54 in W. Eric Meikle, F. Clark Howell and Nina G. Jablonski (editors), *Contemporary Issues in Human Evolution, Memoir 21* (San Francisco, CA: California Academy of Sciences, 1996), p. 53; Geoffrey A. Clark, "Through a Glass Darkly: Conceptual Issues in Modern Human Origins Research," pp. 60-76 in G. A. Clark and C M. Willermet (editors), *Conceptual Issues in Modern Human Origins Research* (New York: Aldine de Gruyter, 1997), p. 76.

### **What do we know about human origins?**

For good drawings of many of the major fossil skulls now known, see Ian Tattersall, *The Fossil Trail; How We Know What We Think We Know About Human Evolution* (New York: Oxford University Press, 1995). For a collection of essays by parties to recent controversies over human origins, see Russell L. Ciochon and John G. Fleagle, *The Human Evolution Source Book* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993). See also other essays in the two collections cited below. The quotation about 150 different views on Neanderthals is from James Shreeve, *The Neanderthal Enigma* (New York: William Morrow, 1995), p. 252.

F. Clark Howell, "Thoughts on the Study and Interpretation of the Human Fossil Record," pp. 1-39 in W. Eric Meikle, F. Clark Howell, and Nina G. Jablonski (editors), *Contemporary Issues in Human Evolution*, pp. 3,31.

Geoffrey A. Clark, "Through a Glass Darkly: Conceptual Issues in Modern Human Origins Research," pp. 60-76 in G. A. Clark and C. M. Willermet (editors), *Conceptual Issues in Modern Human Origins Research*, p. 60-62

### **Concepts masquerading as neutral descriptions of nature**

Stephen Jay Gould, *Wonderful Life* (New York, W. W. Norton, 1989), pp. 27-52. The Ruse quotations are from Michael Ruse, "How evolution became a religion," *National Post* (May 13, 2000), [www.nationalpost.com/artslife.asp?f=000513/288424.html](http://www.nationalpost.com/artslife.asp?f=000513/288424.html). The textbook interview with Gould is in Peter H. Raven and George B. Johnson, *Biology*, Fifth Edition (Boston: WCB/ McGraw-Hill, 1999). p. 14.

### **Chapter 12: Science or Myth?**

The Mayr quotation is from Ernst Mayr, "Darwin's Influence on Modern Thought," *Scientific American* 283 (July 2000), pp. 79-83.

### **The "F" word**

The Gould quotation is from Stephen Jay Gould, "Abscheulich! Atrocious!" *Natural History* (March 2000), pp. 42-49.

The Ritter quotation is from Carla Yu, "Moth-eaten Darwinism: A disproven textbook case of natural selection refuses to die," *Alberta Report Newsmagazine*, Vol. 26, No. 15 (April 5, 1999), pp. 38-39. The textbook in question is Bob Ritter, Richard F Coombs, R. Bruce Drysdale, Grant A. Gardner, and Dave T. Lunn, *Biology* (Scarborough, ONT: Nelson Canada, 1993), which deals with peppered moths on pp. 109-110.

The impenetrable disclaimer about "conceptual integumentary structures" on *Bambiraptor* is from David A. Burnham, Kraig L. Derstler, Philip J. Currie, Robert T. Bakker, Zhonghe Zhou, and John H. Ostrom, "Remarkable New Birdlike Dinosaur (Theropoda: Maniraptora) from the Upper Cretaceous of Montana," *The*



University of Kansas Paleontological Contributions, New Series, No. 13 (March 15, 2000), p 8.

### Scientific misconduct and stock fraud

National Academy of Sciences, Teaching About Evolution and the Nature of Science (Washington, DC: National Academy Press, 1998), Chapter 2, p. 10; National Academy of Sciences, Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences, Second Edition (Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 1999), Chapter on "Evidence Supporting Biological Evolution," p. 2, Phillip E. Johnson, "The Church of Darwin," The Wall Street Journal (August 16, 1999), p. A14. On applying securities law to scientific misconduct, see Securities Exchange Act of 1934, 17 C.F.R. 240.101a-5; Louis M. Guerin, "Expressing a consensus on candour," Nature 402 (1999), pp. 577-578.

### **Dominion censorship**

On efforts by the Baylor University faculty to silence criticism of Darwinism, see Mark Wingfield, "Baylor faculty, administration clash over center for creation study," Associated Baptist News (May 12, 2000); John Drake, "Sloan nixes decision to dissolve Polanyi," Baylor Lariat (Thursday, April 20, 2000). See also Ron Nissimov, "Baylor professors concerned center is front for promoting creationism," Houston Chronicle, July 3, 2000, p. 1 ([www.chron.com/cs/CDA/story.hts/pagel](http://www.chron.com/cs/CDA/story.hts/pagel)). For information on the Michael Polanyi Center check their web site, [www.baylor.edu/ — polanyi](http://www.baylor.edu/~polanyi).

On efforts by the Melvindale, Michigan, school board to place books critical of Darwinism in the high school library, see Jonathan Wells, "Local book 'battle concerns academic liberty," The Detroit News (March 14, 1999), p. 7B. The NCSE quotations are from Molleen Matsumura, "Facing Challenges to Evolution Education," <http://www.nateensci.ed.org/tenchal.html>.

The Roger DeHart story is summarized in a newspaper article by Theresa Goffredo, "School officials throw extra science materials out of class," The [Burlington, WA] Skagit Valley Herald (May 28, 2000), p. A1. Internet version: <http://www.skagitvalleyherald.com/daily/00/may/28/aldehart.html>.

The standards actually adopted by Kansas are at the Board of Education's [internet web site: http://www.ksbe.state.ks.us/outcomes/science\\_12799.html](http://www.ksbe.state.ks.us/outcomes/science_12799.html). On what really happened in Kansas, see Jonathan Wells, "Ridiculing Kansas school board easy, but it's not good journalism," The [Mitchell, SD] Daily Republic (October 14, 1999). The text of this op-ed is reproduced here, by permission:

Wizard of Oz jokes are in vogue as the news media scramble to ridicule Kansas for downplaying, eliminating, or even banning evolution in its public schools. But the people who are writing such stuff apparently haven't read the Kansas Science Education Standards. The truth is that the August 11 School Board decision actually increased public school emphasis on evolution.

The old science standards, in effect since 1995, devoted about 70 words to biological evolution. Standards proposed to the Board earlier this year by a 27-member Science Education Standards Writing Conainittee would have increased this to about 640 words. The standards actually adopted by the Board on August 11 include about 390 words on the subject. So the Kansas State School Board, asked to approve a ninefold increase in the standards for evolution, approved a fivefold increase instead.

Of course, word counts don't tell the whole story. But the 390 words approved by the Board include many of the provisions recommended by the Committee. For example, the Board adopted verbatim the Committee's summary of Darwin's theory: "Natural selection includes the following concepts: 1) Heritable variation exists in every species; 2) some heritable traits are more

advantageous to reproduction and/or survival than are others; 3) there is a finite supply of resources available for life; not all progeny survive; 4) individuals with advantageous traits generally survive; 5) the advantageous traits increase in the population through time." It would be difficult to find a better summary of Darwin's theory of natural selection; Kansas students will now be tested on it.

The Board also required students to understand that "microevolution... favors beneficial genetic variations and contributes to biological diversity," and listed finch beak changes as an example. The Board declined, however, to adopt the Committee's proposal requiring students to understand that microevolution leads to macroevolution—the origin of new structures and new groups of organisms. The Board's reluctance is understandable, since even some biologists doubt that changes in finch beaks can explain the origin of finches in the first place.

There were some other recommendations the Board did not follow, as well. For example, the Committee would have required students to understand: "The common ancestry of living things allows them to be classified into a hierarchy of groups?" This requirement would no doubt have come as a surprise to 18th century creationist Carolus Linnaeus, who had no need of common ancestry when he devised the hierarchical system of classification still used by modern biologists. Even more interesting than the details, however, was the Committee's bid to inject evolution into the very heart of science. According to the 1995 standards, science embodies four general themes: Energy/Matter, Patterns of Change, Systems and Interactions, and Stability and Models. Furthermore, it is the nature of science to "provide a means for producing knowledge," using processes such as "observing, classifying, questioning, inferring,... [and] collecting and recording data?" The Science Education Standards Writing Committee proposed to add a fifth general theme, "patterns of cumulative change," an example of which is "the biological theory of evolution".

As a biologist myself, I find this strange. Why list a specific theory such as biological evolution among general themes such as "systems and interactions," or basic processes such as "collecting and recording data"? That's like inserting a specific law into a constitution designed to establish a framework for lawmaking.

Why did the 1995 standards have to be changed at all? The Committee's proposal was a product of recent nationwide efforts by people who believe that Darwinian evolution is indispensable to biological science. A rallying cry for these efforts is Theodosius Dobzhansky's famous maxim, "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution." But Dobzhansky was mistaken. There are entire areas of biology that have no need for evolutionary theory, and there is evidence that the most sweeping claims of Darwinism are wrong. More importantly, there can be no such thing as an indispensable theory in science. A true scientist would say that nothing in biology makes sense except in the light of evidence. The standards adopted by the Kansas State School Board are far from perfect. Biology education would have been better served if students had been required to understand macroevolutionary theory, though they should also be taught the scientific evidence against it. Under the circumstances, however, the Board may have done the best it could. Faced with national pressure to include Darwin's theory in its description of the very nature of science, the Board courageously resisted, stocking the shelves with more evolution but refusing to hand over the store.

News commentators who ridicule Kansas for downplaying, eliminating, or even banning evolution from its schools not only misrepresent the truth, but they also miss the real story. Why do Darwinists go ballistic at the thought of high school students questioning their theory? Why do biology textbooks continue to cite evidence for evolution that was long ago discredited? How many qualified scientists have lost their teaching jobs or their research funding just because they dared to criticize Darwinism? How many

millions of your tax dollars will be spent this year by Darwinists trying to find evidence for a theory they claim is already proven beyond a reasonable doubt? There's enough here to keep a team of investigative journalists busy for months. Years ago, when asked why the media were spending so much time covering the O. J. Simpson trial, a news commentator said, "It's easy work." Ridiculing Kansas is easy work, too. But it's not good journalism.

On denying Kansas schoolchildren admission to Darwinist-controlled colleges, see Herbert Lin, "Kansas Evolution Ruling," *Science* 285 (1999), p. 1849; John Rennie, "A Total Eclipse of Reason," *Scientific American* 281 (October 1999), p. 124; and John Rennie, "Fan Mail from the Fringe," *Scientific American* (February 2000), p. 4.

Bruce Alberts wrote the preface for the booklet, *Science and Creationism: A View from the National Academy of Sciences*, Second Edition (Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 1999); Alberts is also the first author on *Molecular Biology of the Cell*, Third Edition (New York: Garland Publishing, 1994), which features the Miller-Urey experiment (p. 4) and Haeckel's embryos (p. 33).

### **It's your money**

The information on federal science funding for 2000 is from David Malakoff, "Balancing the Science Budget," *Science* 287 (February 11, 2000), pp. 952-955. The Federation of American Societies for Experimental Biology is lobbying Congress to double NIH funding in 2001; see *FASEB News* 33 (April 2000), p. 1. Funayma's "rumor" that the NSF tells grant applicants to omit the word "evolution" is from Douglas Futuyma, "Evolution as Fact and Theory," *Bios* 56 (1985), pp. 3-13.

### **What can you do about it?**

The Guenin quotation is from Louis M. Guenin, "Expressing a

consensus on candour," *Nature* 402 (1999), pp. 577-578. Information on funding sources for the National Academy is from <http://www.nationalacademies.org/about/faq>. U.S. Representative Mark Souder's remarks are in the Congressional Record for June 14, 2000, p. H4480.

### **Nothing in biology makes sense except in the light of WHAT?**

Theodosius Dobzhansky's maxim is from "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution," *The American Biology Teacher* 35 (1973), pp. 125-129. Peter Grant's comment is from "What Does It Mean to Be A Naturalist at the End of the Twentieth Century?" *The American Naturalist* 155 (2000), pp. 1-12.

# الفهرس

## الفهرس

٨	.....	مقدمة الطبعة الثانية
٩	.....	مقدمة الطبعة الأولى
١٤	.....	تمهيد
١٨	.....	مقدمة
٢٨	.....	الأيقونة الأولى: تجربة (يوري-ميلر)
٥٠	.....	الأيقونة الثانية: شجرة الحياة لداروين
٨٣	.....	الأيقونة الثالثة: التشابه في أطراف الفقاريات
١٠٧	.....	الأيقونة الرابعة: أجنة هيكل
١٤١	.....	الأيقونة الخامسة: أركيوبتركس (الحلقة المفقودة)
١٧٢	.....	الأيقونة السادسة: العث الإنجليزي المنقط
١٩٧	.....	الأيقونة السابعة: عصافير داروين
٢١٨	.....	الأيقونة الثامنة: ذباب الفاكهة رباعي الأجنحة
٢٣٧	.....	الأيقونة التاسعة: أحافير الأحصنة والتطور الموجه
٢٥٢	.....	الأيقونة العاشرة: من القرد إلى الإنسان (الأيقونة العظمى)
٢٧٣	.....	الخاتمة: علم أم خرافة!



الموضوع	الصفحة
ملحق (١): تقييم عشرة مراجع بيولوجية .....	٢٩٥
ملحق (٢): تحذيرات مقترحة للمراجع البيولوجية المدرسية .....	٢٩٧
المراجع .....	٢٩٩
الفهرس .....	٣٦٦



لدراسة الإلحاد ومعالجة النوازل العقديّة  
for Studying Atheism and Contemporary Issues of Faith