

كلية العلوم - قسم الفيزياء

زاوية واحدة، طاقة أكبر: كيف نطلق العنان للقدرة الكاملة للشمس؟

تحليل تأثير زاوية الميل على إنتاجية الألواح الكهروضوئية

إعداد: أ. محمد الميلبي



أهداف رحلتنا الاستكشافية



تحديد كفاءة التحويل:

قياس كفاءة تحويل الخلايا الشمسية تحت زوايا ميل مختلفة.



دراسة تأثير الزاوية:

فهم كيفية تغير الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدة الكهروضوئية مع تغيير زاوية الميل.

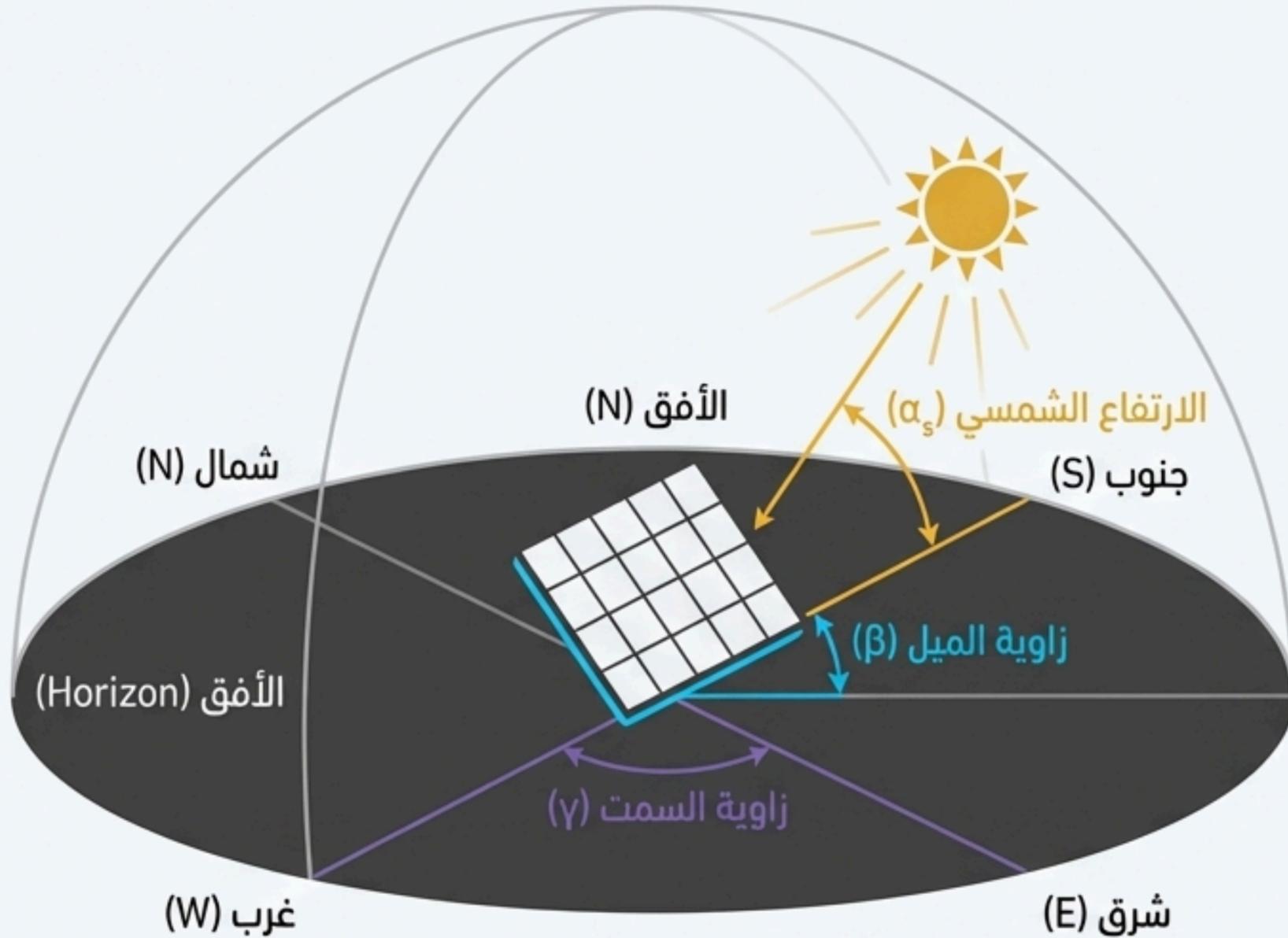


إيجاد الزاوية المثلى:

تحديد زاوية الميل المثالية لتعظيم إنتاج الطاقة في موقع معين.



فهم الهندسة الشمسية: زاوية الميل وزاوية السمّت



زاوية الميل (Tilt Angle):

هي الزاوية بين اللوح الشمسي والمستوى الأفقي. إنها العامل الرئيسي الذي تتحكم فيه في هذه التجربة.

زاوية السمّت (Azimuth Angle):

هي الزاوية التي تحدد اتجاه اللوح الشمسي بالنسبة للجنوب الجغرافي (شرقًا أو غربًا).

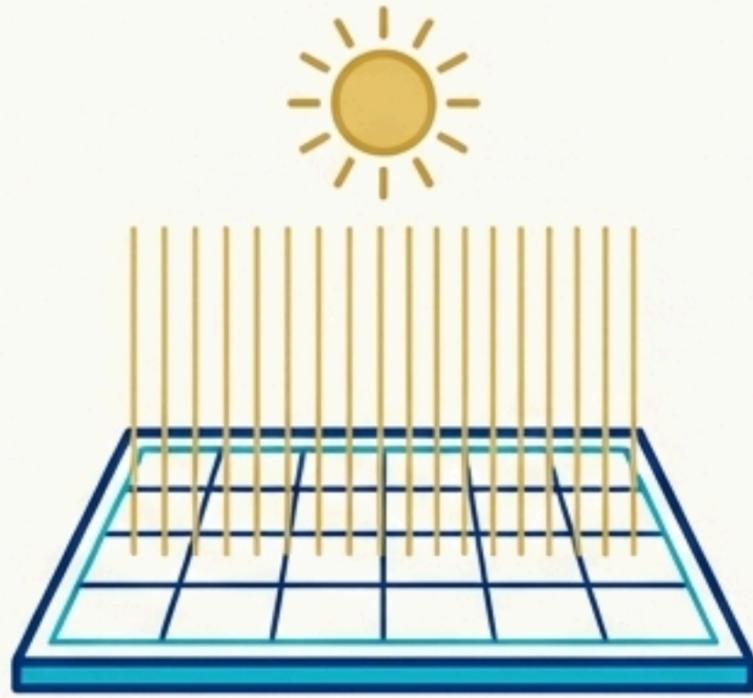
المبدأ الأساسي:

يعتمد خرج الطاقة في أي مكان على الأرض على هاتين الزاويتين، اللتين تحددان موقع الشمس في السماء بالنسبة للوح.

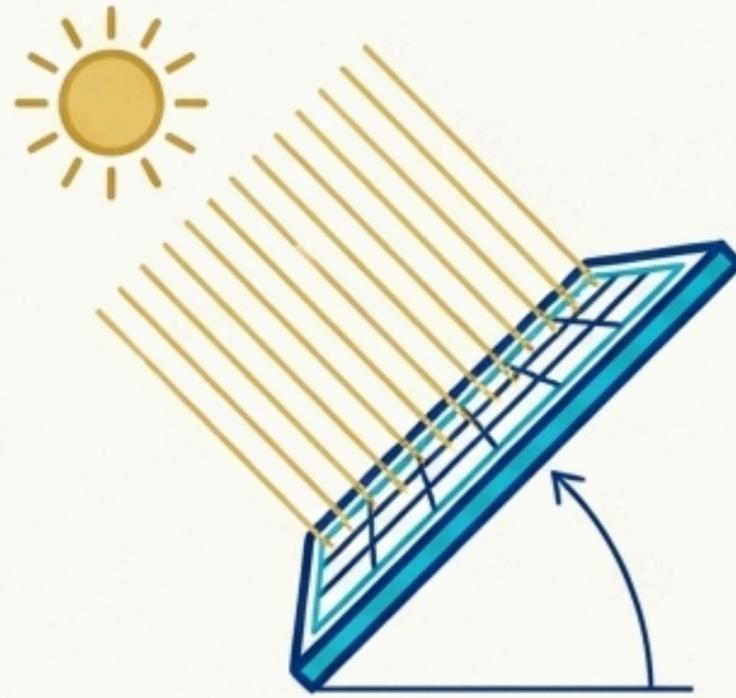


قانون جيب التمام: العلاقة بين زاوية السقوط والقدرة الناتجة

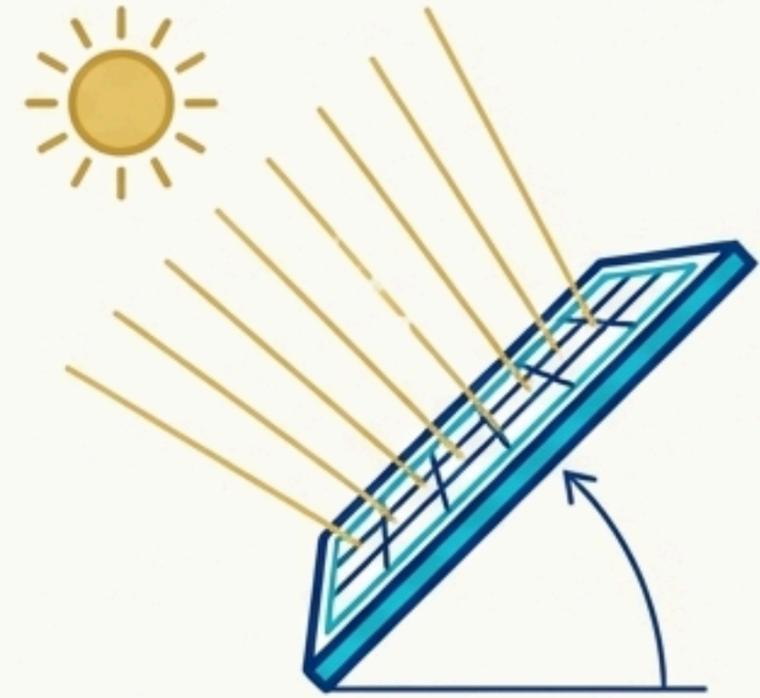
تتناسب القدرة الناتجة طرديًا مع جيب تمام زاوية السقوط.



عمودي (0°):
القدرة = 100%



زاوية السقوط $70^\circ \leftarrow 80^\circ$:
القدرة $\approx 94\% \leftarrow 87\%$



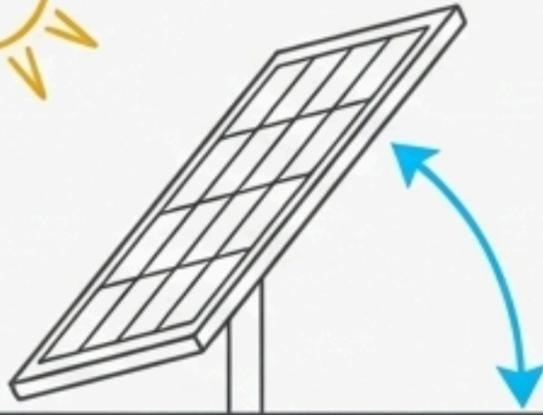
زاوية السقوط $< 80^\circ$:
القدرة $< 10\%$

نص موجز يشرح أنه كلما زادت زاوية السقوط (أي كلما ابتعدت عن العمودي) قلّت كمية الضوء التي تصل إلى الخلية، ممّا مما يؤدي إلى انخفاض القدرة الناتجة.

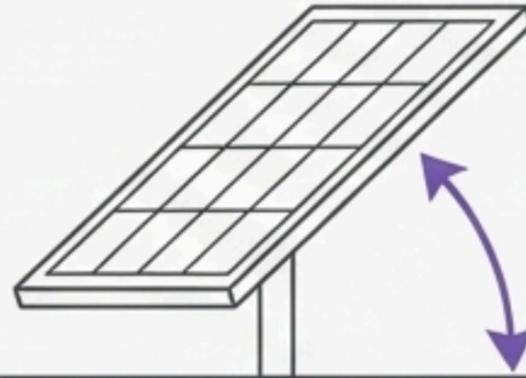


التكيف مع الفصول: تعديل الزاوية لتحقيق أقصى استفادة

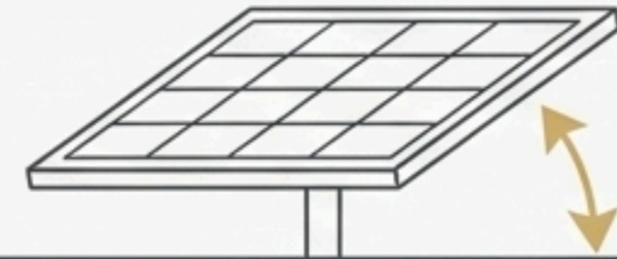
للحصول على أقصى قدر من الطاقة، يجب توجيه الألواح بشكل عمودي على أشعة الشمس قدر الإمكان. يتغير مسار الشمس في السماء مع فصول السنة، مما يتطلب تعديل زاوية الميل.



الانقلاب الشتوي:
زاوية ميل أكبر
(اللوح أكثر انحدارًا)



الاعتدال الربيعي والخريفي:
زاوية ميل متوسطة



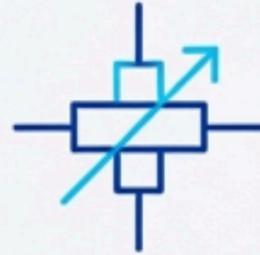
الانقلاب الصيفي:
زاوية ميل أصغر
(اللوح أقرب إلى الوضع الأفقي)



أدوات التجربة: المكونات الأساسية



لوح شمسي
(Hera PV Solar Panel)



مقاوم متغير
(Potentiometer 1K Ω)



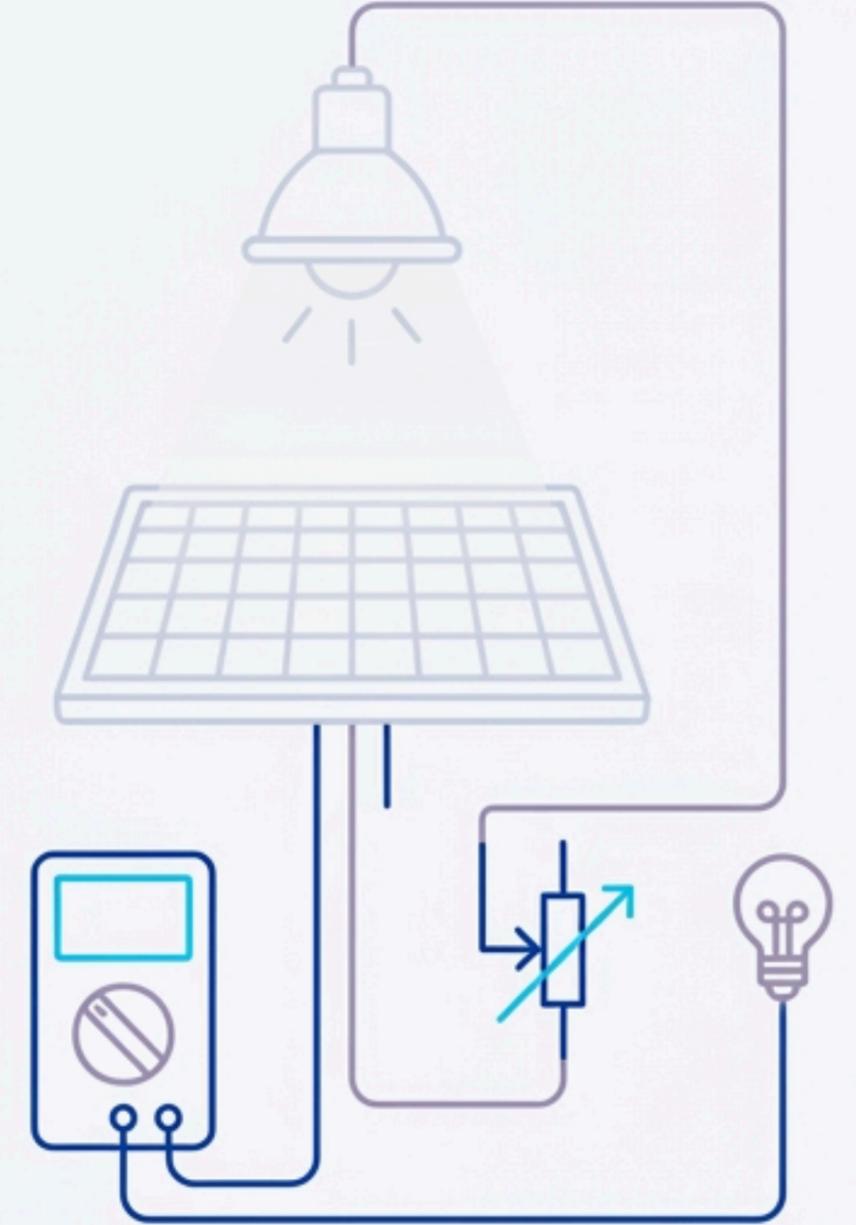
مصدر ضوئي
(Spot Light / Halogen Lamp)



مصباح تيار مستمر
(DC Light Bulb 12W)

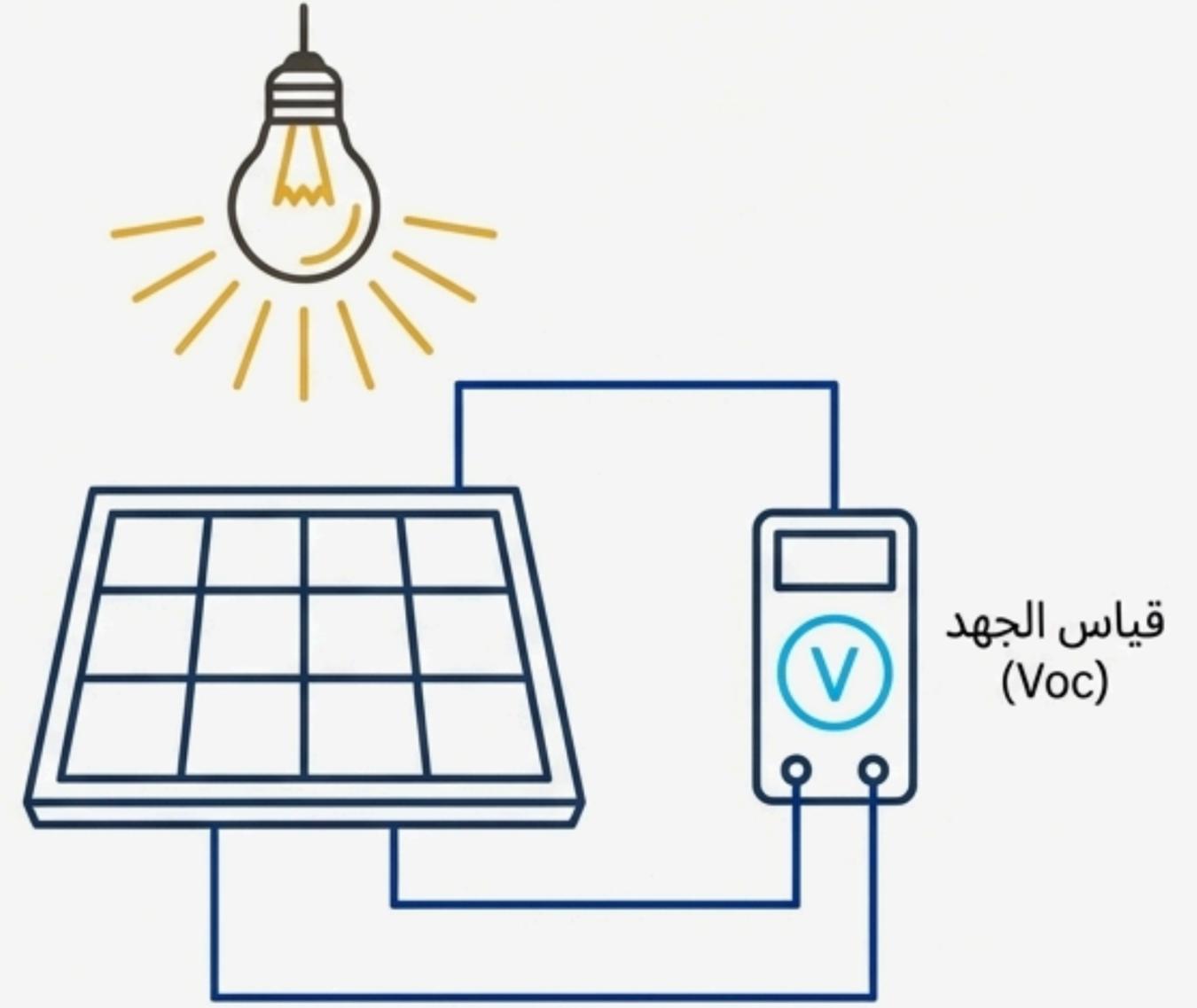


مقياس رقمي متعدد
(Digital Multimeter)



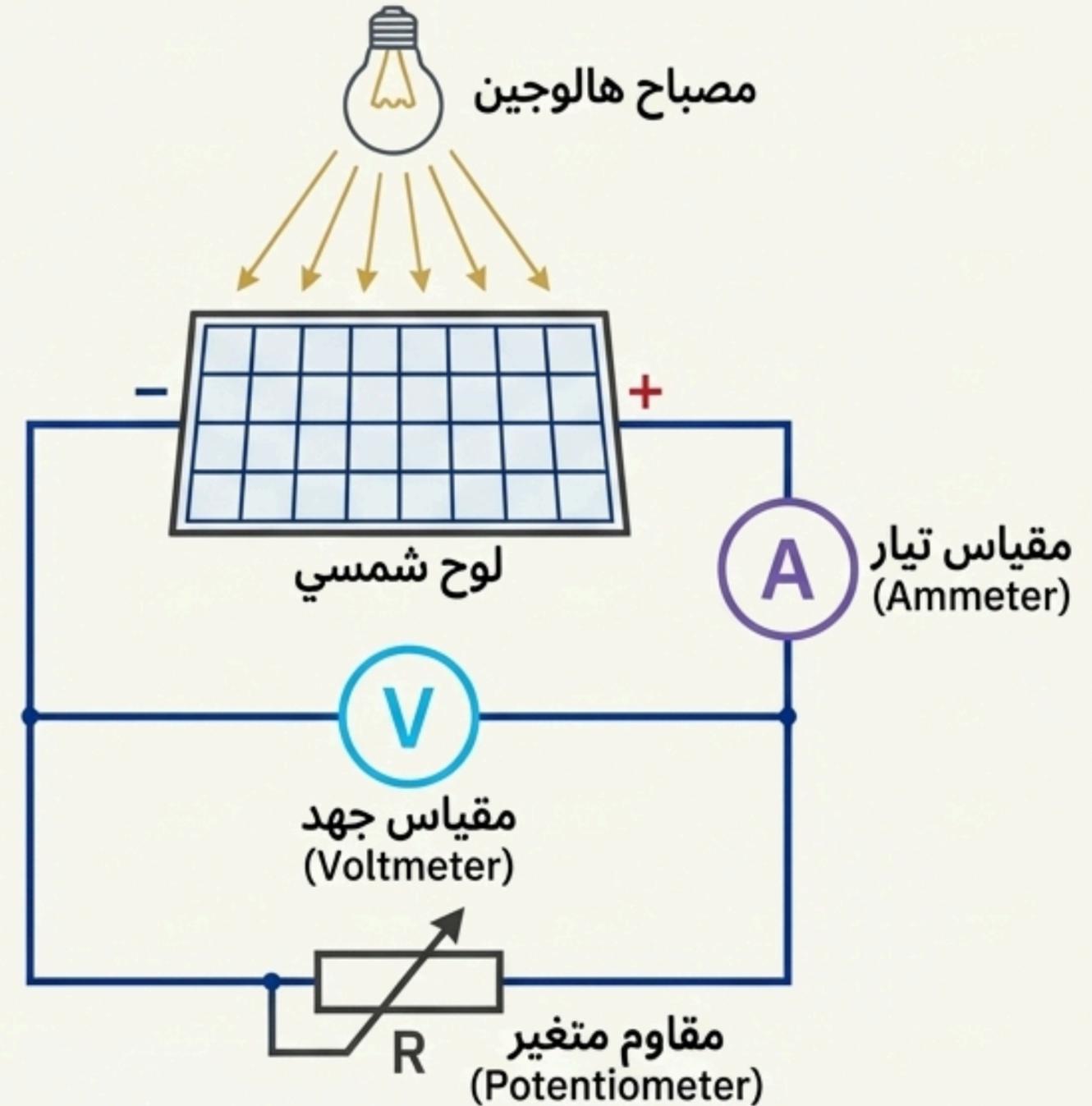
الخطوة الأولى: قياس جهد الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وتيار الدائرة القصيرة (I_{sc})

1. تثبيت اللوح الشمسي على حامل قابل للتعديل.
2. توصيل الدائرة كما في المخطط (لقياس V_{oc}).
المسافة بين المصباح واللوح حوالي 45 سم.
3. قياس جهد الدائرة المفتوحة (V_{oc}) عند زوايا ميل مختلفة ($0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, \dots, 90^\circ$).
4. إعادة توصيل المقياس المتعدد لقياس تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) عند نفس الزوايا.



الخطوة الثانية: قياس الأداء تحت الحمل (V_{Load} , I_{Load})

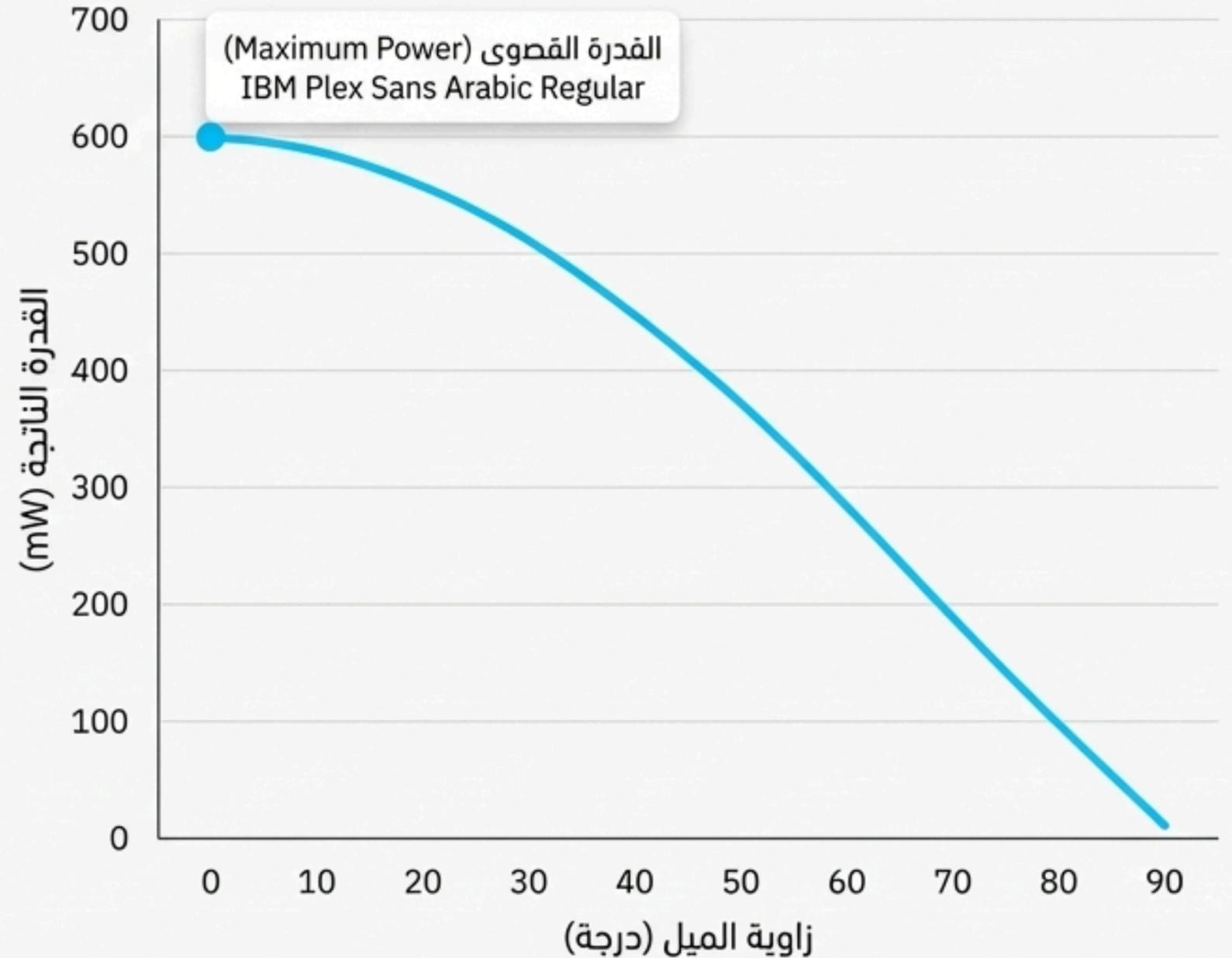
1. توصيل المقاوم المتغير ($1K\Omega$) على التوازي مع اللوح الشمسي.
2. توصيل مقياس الجهد (Voltmeter) ومقياس التيار (Ammeter) كما هو موضح.
3. عند كل زاوية ميل (0° إلى 90°)، يتم تسجيل قراءة الجهد على الحمل (V_{Load}) والتيار المار في الحمل (I_{Load}).
4. يتم تسجيل النتائج في الجدول المخصص (Table 2).



لحظة الكشف: العلاقة بين زاوية الميل والقدرة الناتجة

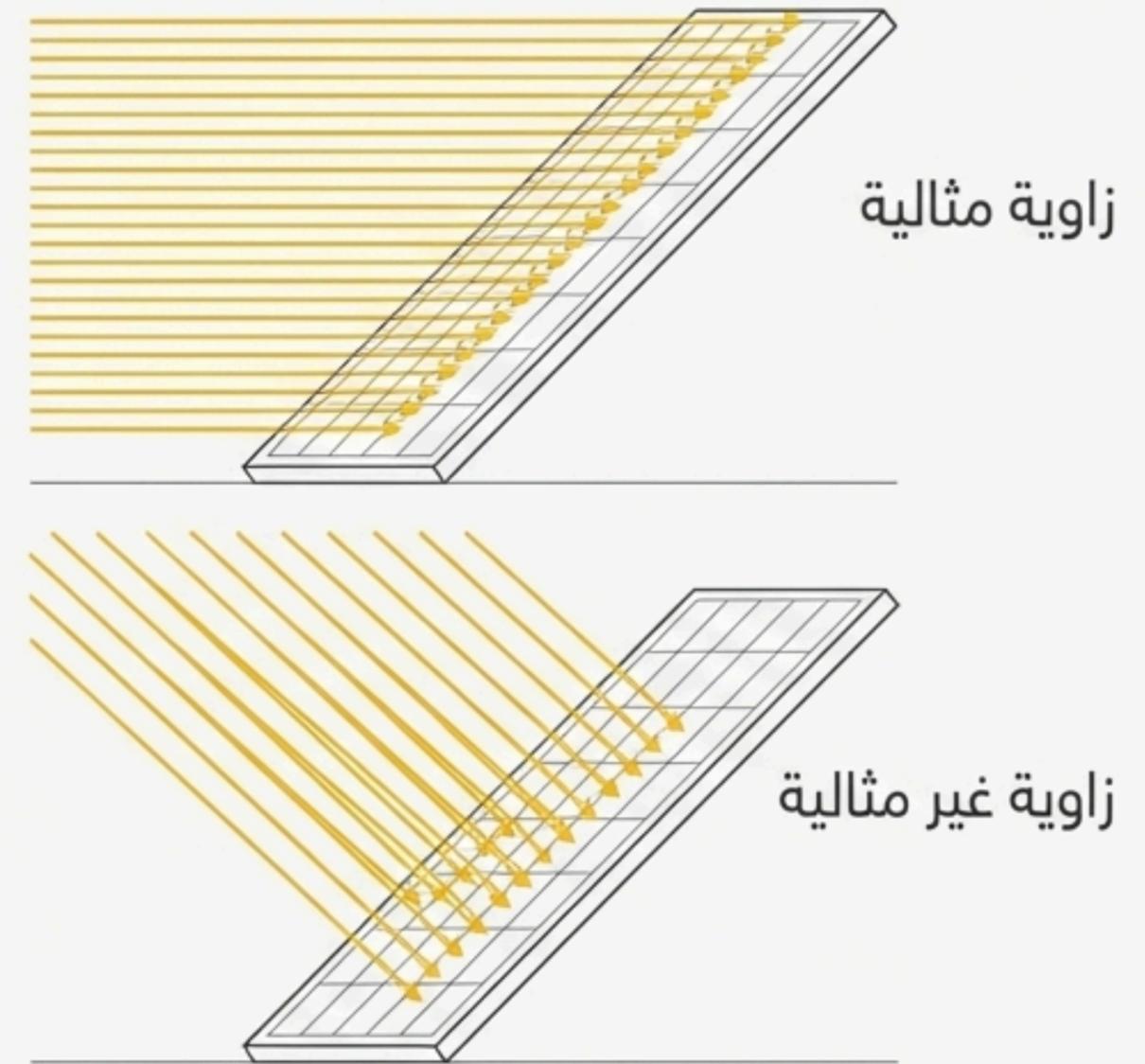
نتائج متوقعة (جدول 2)

زاوية الميل (α)	V_Load (V)	I_Load (mA)	**Power (mW)
0°	12.0	50.0	600
10°	11.9	49.2	585
20°	11.7	47.0	550
30°	11.5	43.5	500
40°	11.0	39.1	430
50°	10.4	33.7	350
60°	9.5	26.3	250
70°	8.2	18.3	150
80°	6.0	9.2	55
90°	3.1	3.2	10



من المختبر إلى الواقع: كيف يؤثر الميل على إنتاج الطاقة؟

- **التأثير المباشر:** زاوية الميل هي العامل الحاسم في تحديد كمية الإشعاع الشمسي التي تسقط عموديًا على سطح الخلية.
- **الكفاءة والامتصاص:** كلما اقتربت زاوية سقوط الضوء من 90 درجة (عمودي على السطح)، زادت كفاءة امتصاص الفوتونات وتحويلها إلى طاقة كهربائية، كما رأينا كما رأينا في الرسم البياني للقدرة.
- **الخلاصة:** التحكم في زاوية الميل هو الأداة الأساسية لتحسين أداء أي نظام كهروضوئي.



استراتيجية التثبيت: الألواح الثابتة مقابل الألواح القابلة للتعديل

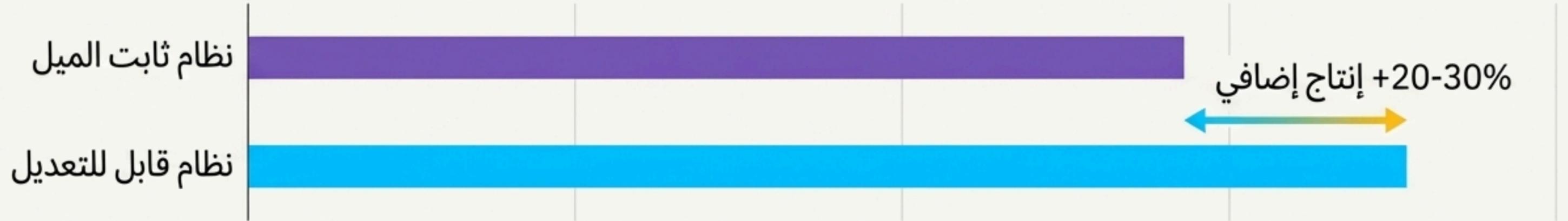
الألواح الثابتة (Fixed-Tilt)

- أبسط وأقل تكلفة في التركيب والصيانة.
- عادةً ما يتم تثبيتها بزاوية مثلى للموقع الجغرافي على مدار العام، مما يعني أنها لا تكون مثالية في معظم الأوقات.

الألواح القابلة للتعديل (Adjustable-Tilt)

- تسمح بتعديل زاوية الميل يدويًا أو تلقائيًا (المتتبعات الشمسية) لمواجهة الشمس بشكل مباشر.
- تزيد من إنتاج الطاقة بشكل كبير (خاصة مع التعديل الموسمي)، ولكنها أكثر تعقيدًا وتكلفة.

مقارنة توليد الطاقة السنوي (تقديري)



تطبيقات عملية: العوامل المؤثرة في تركيب الألواح على الأسطح السكنية



الموقع الجغرافي (خط العرض): العامل الأساسي لتحديد زاوية الميل المثلى.



الموقع الجغرافي (خط العرض): العامل الأساسي لتحديد زاوية الميل المثلى.



التغيرات الموسمية: الحاجة إلى موازنة الأداء بين الصيف والشتاء.



اتجاه السطح: التوجيه نحو الجنوب الجغرافي (في نصف الكرة الشمالي) هو الأمثل.



اتجاه السطح: التوجيه نحو الجنوب الجغرافي (في نصف الكرة الشمالي) هو الأمثل.



الظل: تجنب أي عوائق (أشجار، مبان) يمكن أن تحجب ضوء الشمس خلال اليوم.



الطقس المحلي: الغيوم والغبار يمكن أن يؤثرًا على كمية الإشعاع الشمسي الواصل.



خلاصة الاكتشاف: القوة تكمن في الزاوية الصحيحة

لقد أثبتت هذه التجربة بشكل قاطع أن القدرة الناتجة عن اللوح الكهروضوئي تعتمد بشكل مباشر على زاوية سقوط أشعة الضوء.

1. تتحقق أقصى قدرة عندما تكون أشعة الضوء عمودية على سطح اللوح.
2. يؤدي الانحراف عن الزاوية العمودية إلى انخفاض القدرة وفقًا لقانون جيب التمام.
3. لتحقيق أقصى استفادة من الطاقة الشمسية على مدار العام، يجب تكييف زاوية الميل لتتبع المسار المتغير للشمس عبر الفصول.

*فهم هذه المبادئ الأساسية ليس مجرد تمرين أكاديمي، بل هو المفتاح لتصميم أنظمة طاقة شمسية أكثر كفاءة وفعالية في العالم الحقيقي.

