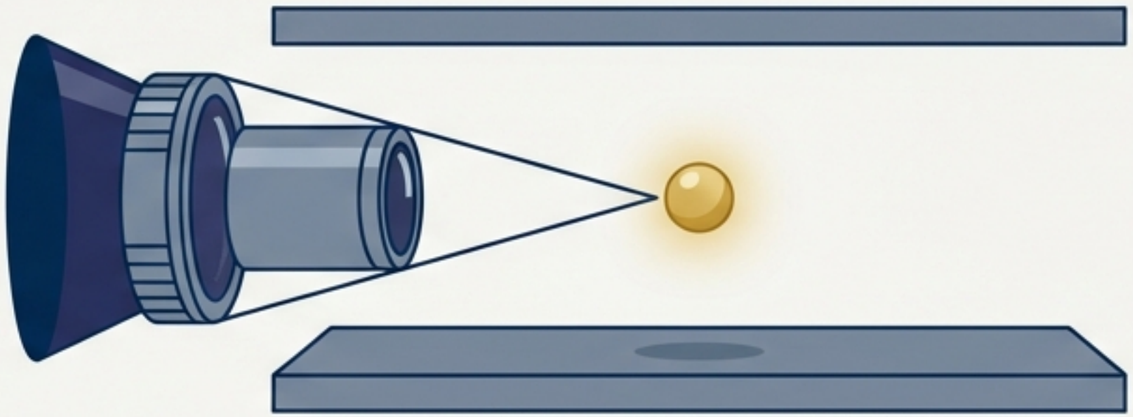
مَعَامِلُ الْفِيْزِيَاء
PHY-LAB

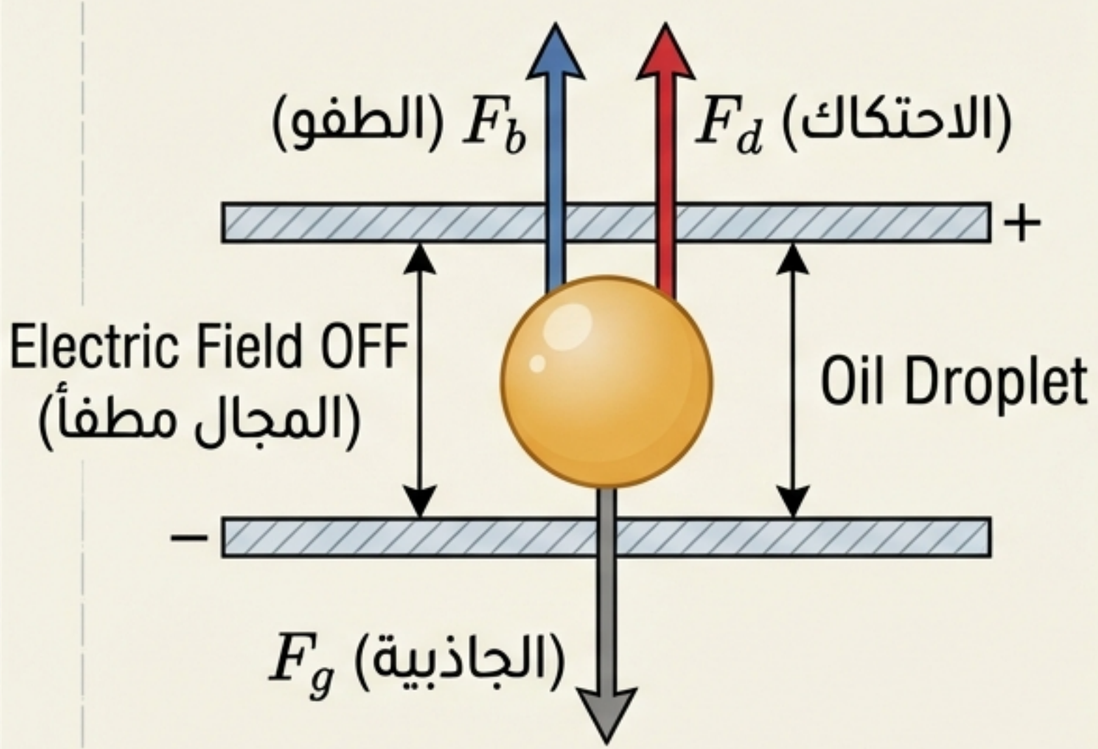


المرجع الفيزيائي: منهجية الحساب في تجربة قطرة الزيت لميليكان

دليل شامل للحسابات الفيزيائية وخطوات المحاكاة - جامعة طيبة

NotebookLM

أولاً: فيزياء السقوط الحر (بدون مجال كهربائي)



المبدأ الأساسي: تصل القطرة إلى سرعتها الحدية عندما تتساوى القوى:

$$F_g = F_b + F_{drag}$$

يتم حساب نصف القطر حصرياً بناءً على سرعة السقوط الحر (v_f).
في هذه المرحلة، القوة الكهربائية غير موجودة، والوزن الظاهري يقاومه الاحتكاك فقط.

NotebookLM

الحساب الأولي: قانون ستوكس (المثالي)

$$r_0 = \sqrt{\frac{9\eta v_f}{2g(\rho_{oil} - \rho_{air})}}$$

v_f: سرعة السقوط الحر	η: لزوجة الهواء	ρ: الكثافة

ملاحظة: نفترض هنا أن الهواء مائع متصل ومثالي لحساب نصف قطر تقريبي (r_0). هذا الافتراض يحتاج إلى تصحيح للجسيمات المجهرية.

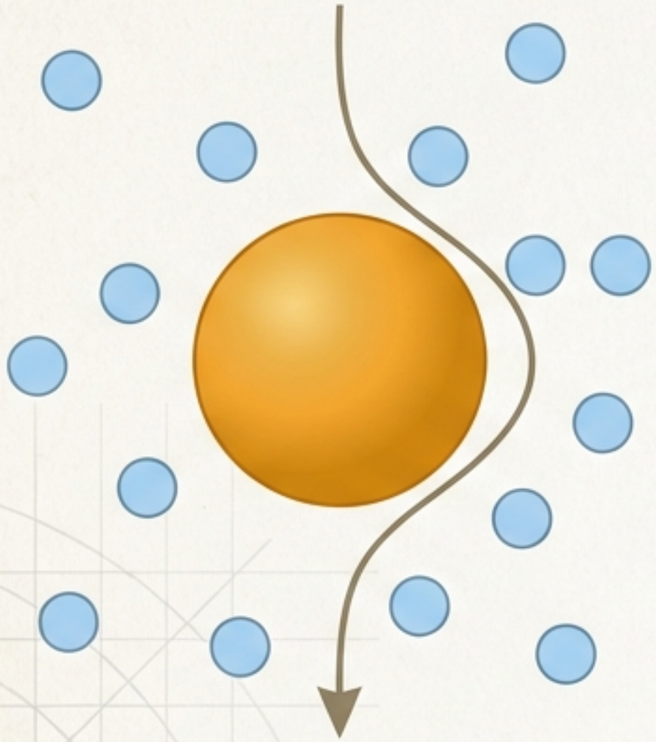
NotebookLM

التصحيح الدقيق: معامل كونينغهام

نظراً لصغر حجم القطرات، فإنها "تنزلق" بين جزيئات الهواء. قانون ستوكس غير دقيق هنا.

$$C = 1 + \frac{b}{P \cdot r}$$

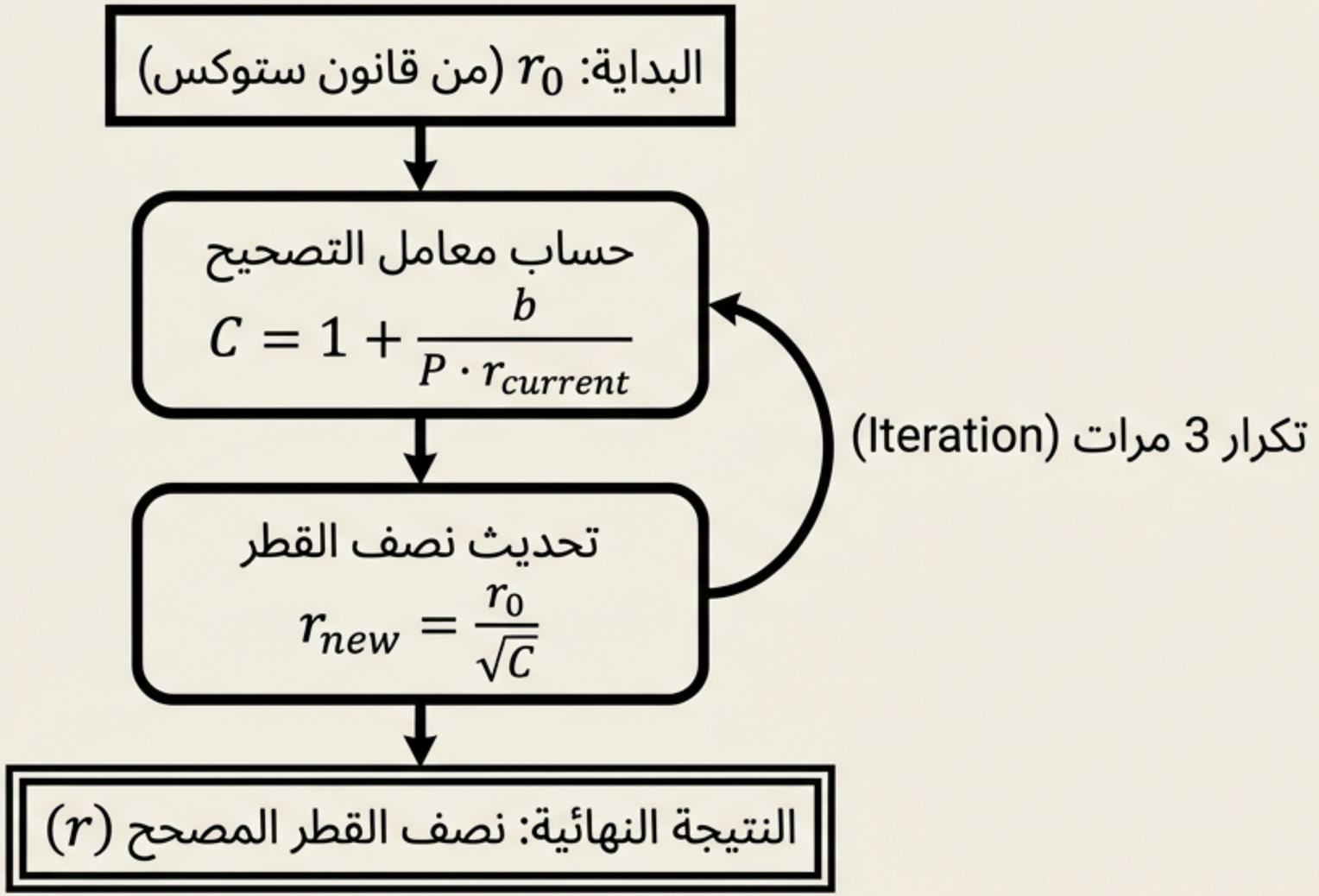
نستخدم معامل تصحيح (C) لتقليل قوة الاحتكاك المحسوبة. لاحظ أن C يعتمد على r ، و r يعتمد على C. هذه معضلة يتم حلها خوارزمياً.



ظاهرة الانزلاق (Slippage)

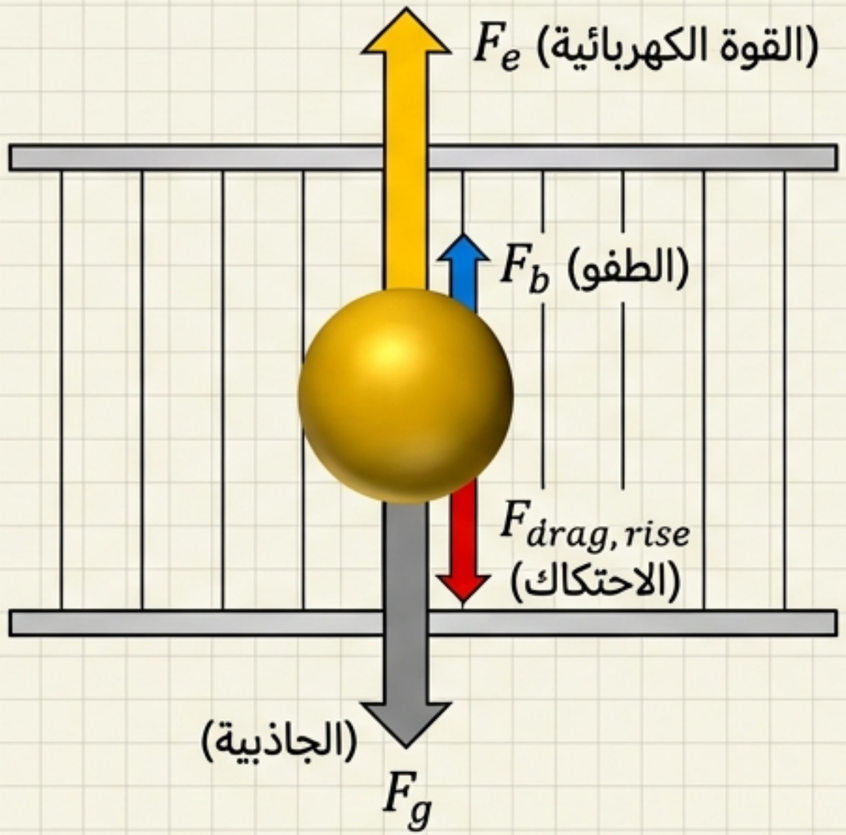
NotebookLM

الخوارزمية التكرارية لحساب نصف القطر



NotebookLM

ثانياً: حساب الشحنة (أثناء الصعود)



Electric Field ON (المجال يعمل)

معادلة التوازن أثناء الصعود

$$F_{electric} + F_{buoyancy} = F_{gravity} + F_{drag,rise}$$

الهدف: عزل القوة الكهربائية ($F_e = qE$) لحساب الشحنة (q).

$$F_e = (F_g - F_b) + F_{drag,rise}$$

NotebookLM

المعادلة النهائية للشحنة

نستفيد من مرحلة السقوط الحر، حيث نعلم أن الوزن الظاهري $(F_g - F_b)$ يساوي تماماً قوة الاحتكاك أثناء السقوط.

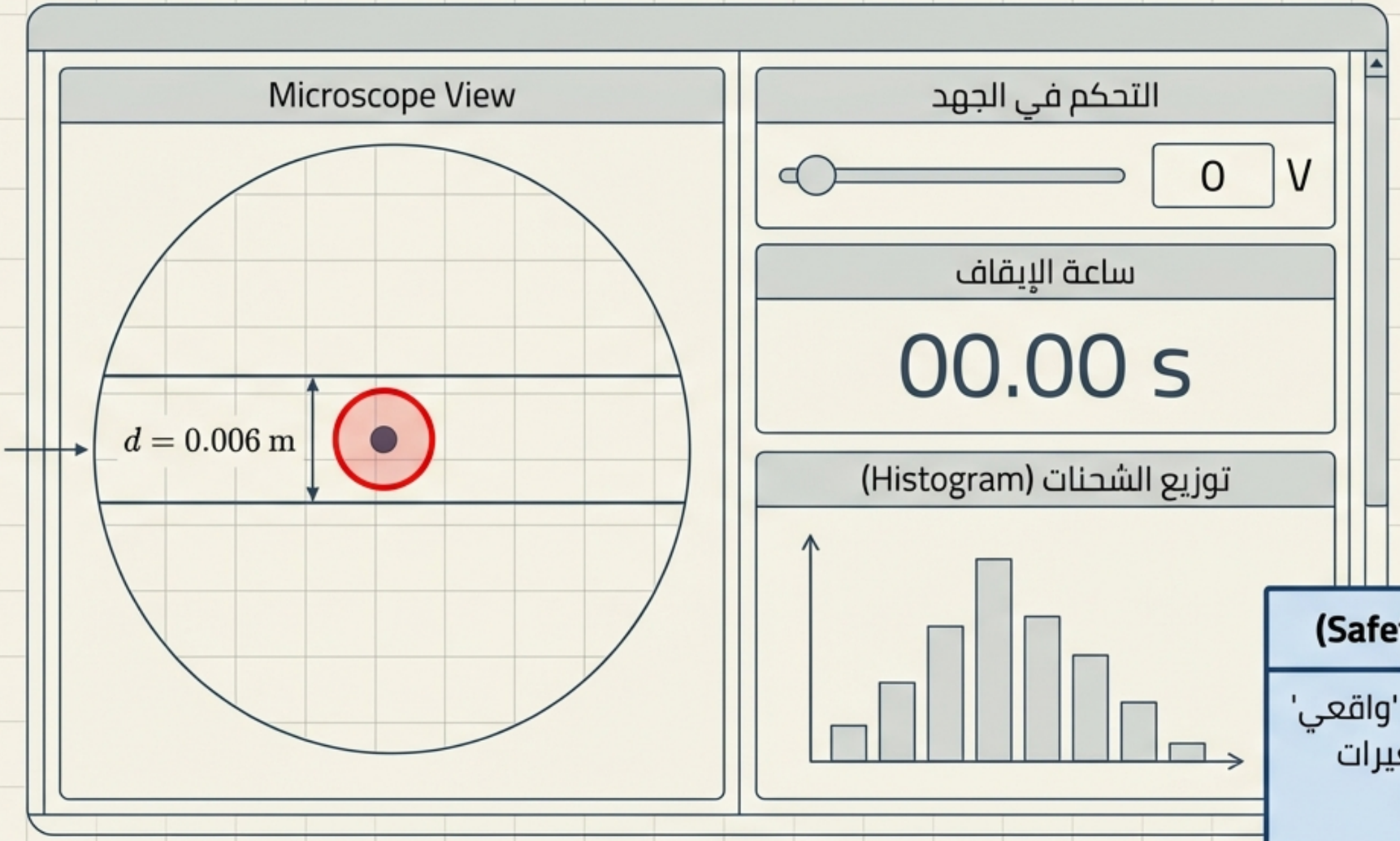
$$qE = F_{drag,\,fall} + F_{drag,\,rise}$$

$$q = \frac{d}{V} \cdot \frac{6\pi\eta r}{C}(v_f + v_r)$$

هذه هي الصيغة البرمجية المستخدمة في نظام المحاكاة.

NotebookLM

دليل واجهة المحاكاة: نظام التتبع



تحديد القطرة
(Target Lock)

تنبيه هام (Safety Tip)

تأكد من اختيار وضع 'واقعي' (Real) لتفعيل المتغيرات الفيزيائية الصحيحة.

NotebookLM

1. مرحلة السقوط الحر (Free Fall)

1. تأكد من أن الجهد يساوي صفر (0 V).
2. انقر على قطرة في الشاشة لتحديدها (Target Lock). ابحث عن الدائرة الحمراء.

3. ابدأ المؤقت فور ملامسة القطرة للخط العلوي.
4. أوقف المؤقت فور وصولها للخط السفلي.
5. سجل الزمن في خانة (t_f).

NotebookLM

2. مرحلة الصعود (Rising Phase)

1. لا تفقد قطرتك! قم تشغيل الجهد الكهربائي فور تجاوز الخط السفلي.
2. ارفع قيمة الجهد (V) تدريجيّاً حتى تعكس القطرة اتجاهها وتصعد.
3. قس الزمن اللازم لقطع المسافة من الخط السفلي إلى الخط العلوي.
4. سجل الزمن (t_r) وقيمة الجهد المستخدم (V).

NotebookLM

النموذج الفيزيائي: الحركة البراونية (Brownian Motion)

تستخدم المحاكاة معادلة آينشتاين-سمولوشوفسكي. حركة القطرة ليست خطية تماماً بل تتأثر بالتصادمات الحرارية العشوائية (Jitter).

$$D = \frac{k_B T}{\gamma}$$

حيث γ هو معامل الاحتكاك.

لا تقلق من الاهتزاز البسيط للقطرة أثناء القياس، فهذا يمثل الواقع المخبري بدقة (Overdamped Motion).

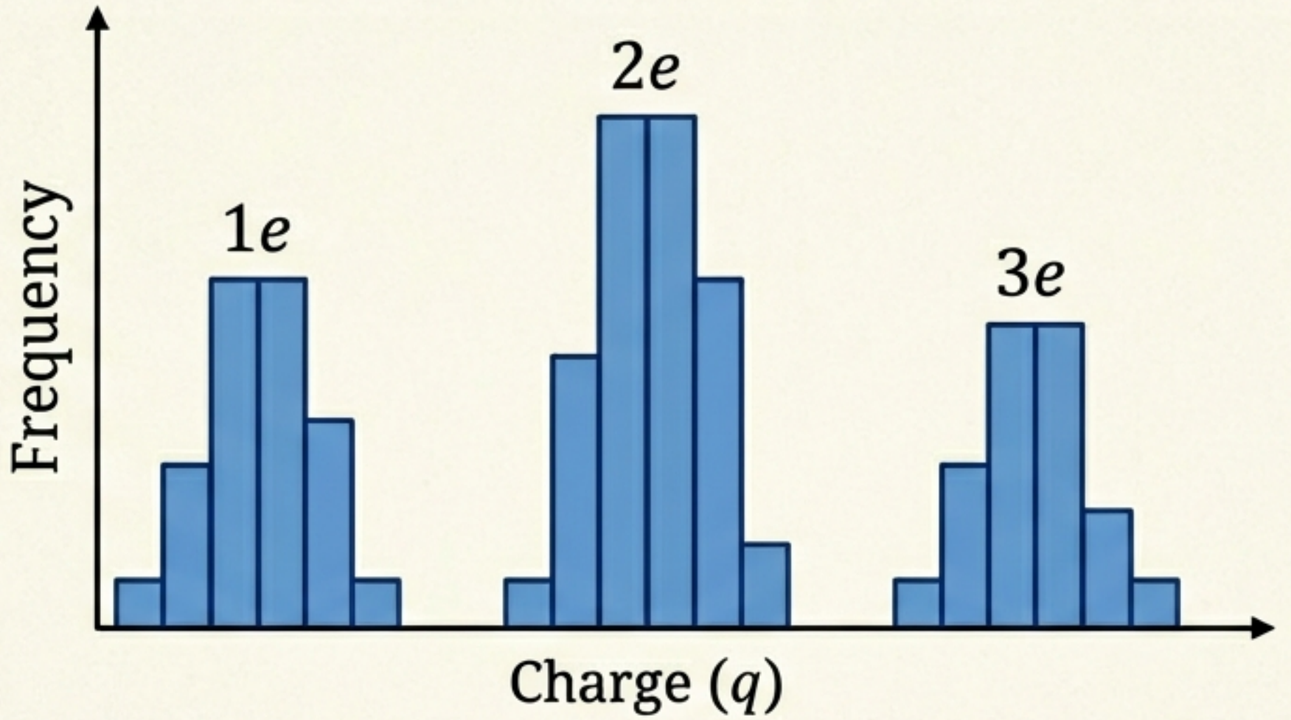
NotebookLM

جدول الثوابت والمتغيرات

الرمز	التعريف	القيمة/الوحدة
d	المسافة بين اللوحين	$0.006\ \text{m}$
η	لزوجة الهواء	$1.81 \times 10^{-5}\ \text{Pa.s}$
b	ثابت التصحيح	$8.20 \times 10^{-3}\ \text{Pa.m}$
P	الضغط الجوي	$101325\ \text{Pa}$
ρ_{oil}	كثافة الزيت	$875.3\ \text{kg/m}^3$
ρ_{air}	كثافة الهواء	$1.204\ \text{kg/m}^3$
g	تسارع الجاذبية	$9.80665\ \text{m/s}^2$

NotebookLM

تحليل النتائج: تكمية الشحنة



بعد تكرار التجربة لـ 5 قطرات على الأقل، ستلاحظ تجمع الشحنات عند قيم محددة في الرسم البياني.

الاستنتاج: الشحنة مكمَّاة، وهي دائماً مضاعفات لشحنة الإلكترون الأساسية ($n \cdot e$).

NotebookLM