دولة إسرائيل
وزارة التّربية والتّعليم

قوانين ومعطيات في الفيزياء

ملحق لجميع امتحانات البجروت بمستوى 5 وحدات تعليميّة
(ابتداءً من صيف 2020)

الـفـهـرس

قوانين	صفحة	معطيات	صفحة
الميكانيكا	2	ثوابت أساسيّة	6
الكهرُمغناطيسيّة	3	دلالة اختصارات الوحدات	7
الأشعّة والمادّة	5	العلاقات بين الوحدات	7
فعاليّات مختبريّة	6	قوانين رياضيّة	7
		معطيات عن الشمس والقمر	8
		معطيات تتعلّق بالكواكب السيّارة	8
		كُتَل بعض الجسيمات والذرّات	8

الميكانيكا

الكينماتيكا – الحركة على امتداد خطّ مستقيم

السرعة اللحظيّة $v = \frac{dx}{dt}$

التسارع اللحظيّ $a = \frac{dv}{dt}$

السرعة المتوسّطة $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

الحركة بتسارع ثابت

$v = v_0 + at$

$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$

$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

سرعة B بالنسبة لـ A $v_{B,A} = v_B - v_A$

الديناميكا

قوّة الجاذبيّة $F = mg$

قانون هوك (مقدار القوّة المرنة) $F = k\Delta\ell$

مقدار قوّة الاحتكاك

الساكن $f_s \le \mu_s N$

الحركيّ $f_k = \mu_k N$

القانون الثاني لنيوتن $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

كثافة المادّة $\rho = \frac{m}{V}$

الشغل والطاقة والقدرة

الشغل المنفَّذ على جسم يتحرّك على امتداد المحور x بواسطة قوّة F ثابتة باتّجاهها

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x)dx$$

شغل القوّة الثابتة بمقدارها وباتّجاهها عندما

$W = F_x \Delta x = F\cos\theta\,\Delta s \quad ، \quad \Delta s = |\Delta x|$

الطاقة الحركيّة $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

طاقة الثقل الوضعيّة (حقل متجانس)

$U_G = mgh \qquad \left(U_{G(h=0)} = 0\right)$

طاقة المرونة الوضعيّة

$U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2 \quad (U_{sp} = 0$ في وضع الارتخاء)

نظريّة الشغل – الطاقة $W_{\text{كلّيّ}} = \Delta E_k$

شغل محصّلة القوى غير الحافظة
(E — الطاقة الميكانيكيّة الكلّيّة)

$W_{\text{غير الحافظة}} = \Delta E$

القدرة المتوسّطة $\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$

الدفع وكمّيّة الحركة

دفع القوّة المتغيّرة $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t)dt$

دفع القوّة الثابتة $\vec{J} = \vec{F}\Delta t$

كمّيّة الحركة $\vec{p} = m\vec{v}$

قانون الدفع – كمّيّة الحركة $\vec{J}_{\text{كلّيّ}} = \Delta\vec{p}$

حفظ كمّيّة الحركة

$m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B$

في اصطدام مرن أحاديّ الأبعاد

$\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$

الحركات الدوريّة

التردّد الزاويّ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

الحركة الدائريّة

السرعة الزاويّة المتوسّطة $\overline{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

العلاقة بين السرعة الخطّيّة والسرعة الزاويّة

$v = \omega r$

التسارع الراديالّي (المركزيّ)

$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

الحركة التوافقيّة البسيطة

محصّلة القوى في حركة توافقيّة $\Sigma\vec{F} = -c\vec{x}$

$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$

معادلة المكان – الزمن $x = A\cos(\omega t + \phi)$

السرعة $v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$

$v = \pm\, \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

التسارع $a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi)$

$a = -\omega^2 x$

زمن الدورة $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$

البندول البسيط (الرياضيّ) $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

الجاذبيّة

القانون الثالث لكبلر $\left(\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

مقدار قوّة الجاذبيّة $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

طاقة الثقل الوضعيّة

$U_G = -\frac{GMm}{r}$ $\left(U_{G(r\to\infty)} = 0\right)$

طاقة القمر الاصطناعيّ في مسار دائريّ

الحركيّة $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

الكلّيّة $E = -\frac{GMm}{2r}$

تحويل حقل الجاذبيّة

$\vec{g}_B = \vec{g}_A - \vec{a}_{B,A}$

الكهرُمغناطيسيّة

الكهرباء الساكنة

قانون كولون (في الفراغ) $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

الحقل الكهربائيّ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

مقدار الحقل الكهربائيّ حول شحنة نُقَطيّة

$E = k\frac{q}{r^2}$

مقدار الحقل الكهربائيّ الذي يُكوِّنه لوح مشحون

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ $\sigma = \frac{Q}{A}$

الجهد الكهربائيّ حول شحنة نُقَطيّة

$V = k\frac{q}{r}$ $\left(V_{(r\to\infty)} = 0\right)$

الطاقة الكهربائيّة الوضعيّة لشحنة نُقَطيّة

$U_E = qV$ $\left(U_{E(r\to\infty)} = 0\right)$

طاقة الموصِل المشحون $U = \frac{1}{2}QV$

جهد النقطة A بالنسبة لجهد النقطة B

(فرق جهد كهربائيّ) $V_{AB} = V_A - V_B$

التغيّر في الجهد $\Delta V = V_B - V_A$

العلاقة بين الحقل الكهربائيّ المتجانس وبين فرق الجهدين $E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$

تعريف السّعة $C = \frac{Q}{V}$

سعة مكثّف الألواح $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$

مقدار الحقل الكهربائيّ بين لوحَي المكثّف
$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

طاقة المكثّف المشحون $U = \frac{1}{2} C V_{AB}^2$

محصّلة السّعات
لمكثّفات موصولة على التوالي $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$
لمكثّفات موصولة على التوازي $C_T = \Sigma C_i$

التيّار الكهربائيّ

التيّار اللحظيّ $i = \frac{dq}{dt}$

قانون أوم $V = RI$

مقاوَمة السلك $R = \rho \frac{\ell}{A}$

محصّلة المقاوَمات
لمقاوِمات موصولة على التوالي $R_T = \Sigma R_i$
لمقاوِمات موصولة على التوازي $\frac{1}{R_T} = \Sigma \frac{1}{R_i}$

شغل القوّة الكهربائيّة
$W_{A \to B} = V_{AB} It = qV_{AB}$

القدرة الكهربائيّة $P = V_{AB} I$

الكفاءة $\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$
P_{eff} — القدرة المستغَلَّة في قسم من الدائرة أو في كلّها
P_{in} — القدرة المبذولة

فرق جهد القطبين $V_{ab} = \varepsilon - rI$
ab — قُطْبا البطّاريّة

قوانين كيرخهوف $\Sigma I = 0$ $\Sigma \varepsilon = \Sigma IR$

فرق الجهد بين نقطتين في الدائرة الكهربائيّة
$V_{AB} = \Sigma IR - \Sigma \varepsilon$

التيّار اللحظيّ في شَحْن المكثّف أو في تفريغه
$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

فرق الجهد اللحظيّ في شحْن المكثّف
$V_C(t) = \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

فرق الجهد اللحظيّ في تفريغ المكثّف
$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

الحقل المغناطيسيّ

مقدار القوّة التي تؤثّر على الشحنة في الحقل المغناطيسيّ $F = qvB \sin \alpha$

مقدار القوّة التي تؤثّر على سلك يحمل تيّارًا في الحقل المغناطيسيّ $F = I\ell B \sin \alpha$

مقدار القوّة لوحدة طول بين سلكين طويلين متوازيين $\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$

مقدار الحقل المغناطيسيّ
حول سلك مستقيم وطويل $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$
في مركز ملفّ دائريّ دقيق (نصف قطره R وعدد لفّاته N) $B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$
داخل ملفّ حلزونيّ طويل (طوله L وعدد لفّاته N) $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$

القوّة الدافعة الكهربائيّة المستحثّة (ق.د.ك. مستحثّة)

التدفّق المغناطيسيّ عبر سطح $\phi_B = BA \cos \alpha$

قانون فاراداي – لينز $\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$

ق.د.ك. مستحثّة في السلك الموصِل $\varepsilon = v\ell_\perp B_\perp$
$\ell_\perp$ — مسقط السلك على الاتّجاه المعامد للسرعة
$B_\perp$ — مركّب الحقل المغناطيسيّ باتّجاه معامد لمستوى الحركة

ق.د.ك. مستحثّة في المولِّد (في الزمن $t = 0$ ، $\vec{A} \| \vec{B}$) $\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t)$

المحوِّل المثاليّ $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$

الأشعّة والمادّة

البصريّات الهندسيّة

قانون سنيل $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

قانون العدسات $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

التكبير الخطّيّ $m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$

شدّة العدسة $C = \frac{1}{f}$

الأمواج الميكانيكيّة والكهرُمغناطيسيّة

سرعة الموجة الدوريّة $v = \lambda f$

قانون الانكسار $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

موجة متوقّفة في وتر طرفاه مربوطان $\ell = n\frac{\lambda}{2}$

خطوط النهاية العظمى الرئيسيّة في تداخل من مصدرين (وأكثر) متساويَي الطَّور

$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{d}$

خطوط النهاية الصغرى في تداخل من مصدرين متساويَي الطَّور

$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n - \frac{1}{2})\frac{\lambda}{d}$

قانون يانج $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$

خطوط النهاية العظمى في تداخل في محزوز حيود $\sin\theta_n = n\frac{\lambda}{d} = nN * \lambda$

خطوط العقدة في حيود في شقّ وحيد

$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{w}$

طاقة الفوتون $E_{ph} = hf$

$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(Å)} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$

الظاهرة الكهرُضوئيّة $E_{ph} = E_k + B$

الذرّة والنواة

فرضيّات بوهر (بور) $m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$

$E_{ph} = |E_f - E_i|$

مستويات الطاقة في ذرّة الهيدروجين

$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \qquad (U_\infty = 0)$

$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6\ eV$

أنصاف أقطار المسارات المسموحة للإلكترون في ذرّة الهيدروجين $r_n = r_1 n^2$

$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529\ Å$

قانون دي – بروي $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$

مبدأ الريبة (عدم اليقين) $\Delta x \Delta p \geqslant \frac{h}{4\pi}$

تكافؤ الكتلة – الطاقة $\Delta E = \Delta m c^2$

$\Delta E(MeV) = \Delta m(u) \cdot 931.494\ \frac{MeV}{u}$

اضمحلال المصدر الإشعاعيّ

λ — ثابت الاضمحلال $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

نشاط المصدر الإشعاعيّ $R = \lambda N$

زمن نصف الحياة $T_{1/2} = \frac{\ell n 2}{\lambda}$

فعاليّات مختبريّة

التقريب المعياريّ لأويلر:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t$$

$$v_{n+1} \approx v_n + a_n \Delta t$$

تقريب تيلور من الرتبة الثانية:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t + \frac{1}{2} a_n \Delta t^2$$

$$v_{n+1} \approx v_n + \frac{1}{2}(a_n + a_{n+1}) \Delta t$$

ثوابت أساسيّة

(قيَم الثوابت مسجّلة بدقّة تقلّ عن الدقّة التجريبيّة المعروفة، وهي معدّة لامتحانات البجروت.)

اسم الثابت	الرمز	الوحدات	القيمة
ثابت الجاذبيّة	G	$N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$	$6.67 \cdot 10^{-11}$
المعامِل في قانون كولون	k	$N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$	$9 \cdot 10^9$
سرعة الضوء في الفراغ	c	$m \cdot s^{-1}$	$3 \cdot 10^8$
النفاذيّة في الفراغ	μ_0	$T \cdot m \cdot A^{-1}$	$1.257 \cdot 10^{-6}$ $4\pi \cdot 10^{-7}$
العازليّة في الفراغ	ε_0	$C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$	$8.85 \cdot 10^{-12}$
الشحنة الكهربائيّة الأساسيّة	e	C	$1.60 \cdot 10^{-19}$
ثابت بلانك	h	$J \cdot s$ $eV \cdot s$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ $4.14 \cdot 10^{-15}$
كتلة الإلكترون	m_e	kg	$9.11 \cdot 10^{-31}$
كتلة البروتون	m_p	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
كتلة النيوترون	m_n	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
ثابت أڤوچادرو	N_A	mol^{-1}	$6.02 \cdot 10^{23}$

دلالة اختصارات الوحدات

الرمز	الوحدة
m	متر
Å	أنجستروم
kg	كيلوغرام
g	غرام
u	وحدة الكتلة الذرّيّة
s	ثانية
h	ساعة
N	نيوتن

الرمز	الوحدة
J	جول
eV	إلكترون ڤولط
MeV	مليون إلكترون ڤولط
W	واط
mol	مول
^{o}C	درجة مئويّة
K	كلڤن
C	كولون

الرمز	الوحدة
F	فرادي
A	أمپير
Ω	أوم
V	ڤولط
T	تسله
H	هنري
Hz	هيرتس
Pa	پاسكال

العلاقات بين الوحدات

الطول

$$1\text{Å} = 10^{-10}\,\text{m}$$

$$1\text{nm} = 10^{-9}\,\text{m}$$

الطاقة

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$$

الكتلة

$$1\text{u} = 931.494\frac{\text{MeV}}{\text{c}^2} = 1.66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$$

الضغط

$$1 \text{ أتموسفيرا} = 1.01 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

كمّيّة الحركة

$$1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}} = 1.87 \cdot 10^{21}\frac{\text{MeV}}{\text{c}}$$

التحويل من كلڤن إلى درجات مئويّة

$$t_C = T_K - 273$$

قوانين رياضيّة

محيط الدائرة	$2\pi R$	حجم الكرة	$\frac{4}{3}\pi R^3$
مساحة الدائرة	πR^2	للزوايا الصغيرة	$\sin\theta \approx \text{tg}\theta$
مساحة السطح الخارجيّ للكرة	$4\pi R^2$	للزوايا الصغيرة بالراديانات	$\sin\theta \approx \theta$

معطيات عن الشمس والقمر

	الكتلة (kg)	نصف القطر (m)	معدّل أنصاف أقطار المسارات حول الكرة الأرضيّة (m)	زمن الدورة (أيّام)
الشمس	$1.99 \cdot 10^{30}$	$6.96 \cdot 10^{8}$	------	------
القمر	$7.35 \cdot 10^{22}$	$1.74 \cdot 10^{6}$	$3.84 \cdot 10^{8}$	27.3

معطيات تتعلّق بالكواكب السيّارة

الكوكب السيّار	الكتلة (10^{24}kg)	نصف القطر (10^{6}m)	معدّل أنصاف أقطار المسارات (10^{9}m)	زمن الدورة (سنوات)
عطارد (Mercury)	0.330	2.44	57.9	0.2408
الزهرة (Venus)	4.869	6.05	108.2	0.6152
الأرض (Earth)	5.974	6.38	149.6	1.00
المرّيخ (Mars)	0.642	3.40	227.9	1.881
المشتري (Jupiter)	1899.1	71.4	778.3	11.86
زُحَل (Saturn)	568.6	60.0	1427.0	29.46
أورانوس (Uranus)	86.98	26.1	2871.0	84.01
نبتون (Neptun)	103	24.3	4497.1	164.8

كُتَل بعض الجسيمات والذرّات

الجسيم	الكتلة بوحدات u	الكتلة بوحدات $\frac{\text{MeV}}{c^2}$
الإلكترون	0.000549	0.511
البروتون	1.007276	938.272
النيوترون	1.008665	939.566

الذرّة	الكتلة بوحدات u
الهيدروجين ^{1}H	1.007825
الديوترون ^{2}H	2.014101
الهيليوم ^{4}He	4.00260
الليثيوم ^{7}Li	7.01601
الكربون ^{12}C	12.00000