

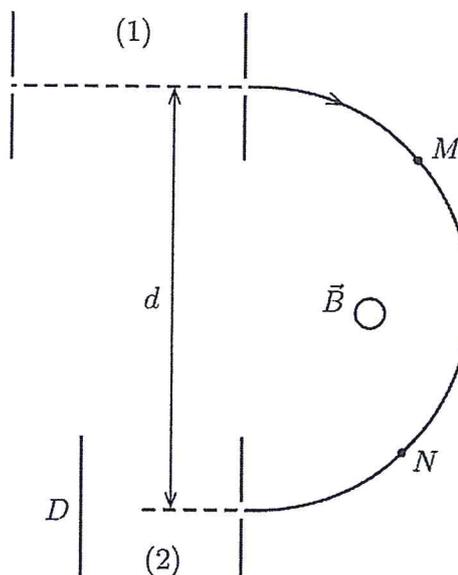
Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

Branche : Physique

Numéro d'ordre du candidat  
\_\_\_\_\_**1. MOUVEMENT DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE****POINTS : 3+4+4+2 = 13**

Un électron, initialement au repos, est accéléré sous une tension  $U_1 = 0,2 \text{ kV}$  entre les plaques du condensateur (1). Il pénètre ensuite dans un champ magnétique  $\vec{B}$  perpendiculaire au plan de la figure. Après avoir parcouru un demi-cercle, l'électron entre dans le condensateur (2) dont la plaque  $D$  sert de détecteur d'électrons.



- Représenter aux points  $M$  et  $N$  la force de Lorentz  $\vec{f}$  exercée sur l'électron. Exprimer  $\vec{f}$  dans la base de Frenet.
- Montrer que le mouvement de l'électron est uniforme et établir l'expression de la valeur de sa vitesse en fonction de l'intensité de  $\vec{B}$  et du diamètre  $d$  de la trajectoire circulaire.
- Calculer la valeur de la vitesse de l'électron à la sortie du condensateur (1). Déterminer le sens du champ magnétique et calculer son intensité sachant que  $d = 8 \text{ cm}$ .
- La tension  $U_2$  entre les plaques du condensateur (2) est initialement nulle. On l'augmente jusqu'à ce qu'aucun électron ne soit détecté en  $D$ . Donner, sans calcul, cette valeur limite de  $U_2$  et indiquer la polarité des plaques.

**2. EXPÉRIENCE DE MELDE****POINTS : 8+2+1 = 11**

On étudie une corde de masse linéique  $\mu = 7,72 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$  et de longueur  $\ell = 7,2 \text{ m}$  dont une extrémité est animée par un vibreur de fréquence  $f = 20 \text{ Hz}$  et dont l'autre est soumise à une force  $\vec{F}$ .

- En se basant sur l'élongation de la source, établir l'expression du mouvement en tout point de la corde et en déduire les abscisses des ventres d'une onde stationnaire.
- Calculer les intensités des forces à appliquer si l'on veut réaliser une onde stationnaire avec un ou deux ventres.
- Expliquer comment il faut varier l'intensité de la force si l'on veut multiplier le nombre de fuseaux par trois ou quatre?

Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

Branche : Physique

Numéro d'ordre du candidat  
\_\_\_\_\_**3. OSCILLATEUR MÉCANIQUE****POINTS : 4+3+1+(3+1)+3 = 15**

Un solide  $S$  de masse  $680\text{ g}$  peut se déplacer sans frottements le long d'un axe horizontal  $Ox$ .  $S$  est relié à un ressort de raideur  $k = 65\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ , dont l'autre extrémité est fixe. À l'équilibre, le centre de gravité  $G$  du solide se projette sur  $Ox$  en  $O$ , origine des abscisses.

On écarte le solide de  $\Delta x = 11\text{ cm}$  de sa position d'équilibre. À l'instant  $t = 0\text{ s}$ , le solide est lâché sans vitesse.

- Faire une figure et le bilan des forces à l'instant  $t = 0$ . Établir l'équation différentielle du mouvement.
- Donner une équation horaire générale du mouvement du solide  $S$  et vérifier qu'elle est une solution de l'équation différentielle. Indiquer la solution avec les valeurs numériques.
- Calculer la période propre du système.
- Exprimer l'énergie mécanique totale du système, en fonction de  $k$ ,  $m$ ,  $x$  et  $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ .

[1] Montrer que l'énergie mécanique est constante. En déduire l'expression de l'énergie mécanique en fonction de la constante de raideur  $k$  du ressort et de l'amplitude  $X_m$ .

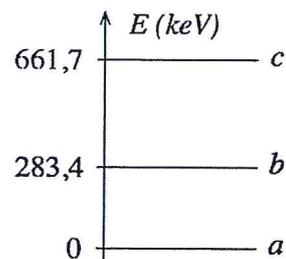
[2] Calculer la valeur de l'énergie mécanique.

- Calculer la vitesse maximale et en déduire l'accélération maximale du solide  $S$ .

**4. PHYSIQUE NUCLÉAIRE****POINTS: 2+3+2+2+2 = 11**

À la rentrée 2000, le laboratoire de physique d'un lycée a acheté une source radioactive de césium 137, émetteur  $\beta^-$  ayant une activité de  $63,4\text{ kBq}$ . La demi-vie de cet isotope du césium est  $30,07\text{ a}$ . Le noyau fils est émis dans un état excité.

- Écrire les équations des transformations nucléaires.
- Calculer la masse du césium contenue dans la source à la date de l'achat. La masse d'un atome de césium est  $136,9\text{ u}$ .
- Calculer l'activité de la source à la rentrée 2014.
- Sans calcul, donner la date à laquelle l'activité n'est plus que 25% de l'activité initiale.
- La figure ci-contre montre le diagramme énergétique du noyau fils. Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis lors de la transition de l'état excité  $c$  vers l'état fondamental  $a$ .



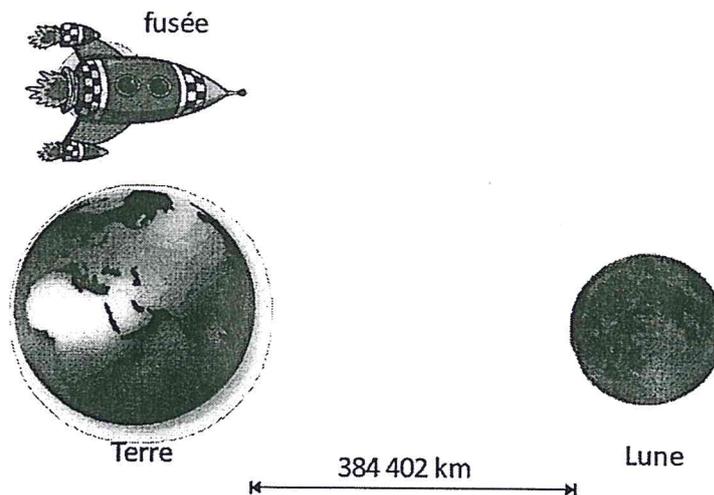
Examen de fin d'études secondaires 2015

Sections : B et C

Branche : Physique

Numéro d'ordre du candidat  
\_\_\_\_\_**5. RELATIVITÉ****POINTS: 2+1+2+3+2 = 10**

Dans un futur lointain des touristes de la Vénus vont passer leurs vacances sur Mars. Les quatre astres étant alignés au cours de ce voyage, ils vont passer près de la Terre et de la Lune. Le voyage Terre-Lune est surveillé depuis un centre de contrôle installé sur la Terre en coopération avec un contrôleur sur la Lune.



La distance de la Terre à la Lune, mesurée dans le référentiel Terre--Lune, est de 384 402 kilomètres.

Au cours de ce voyage le mouvement de la Lune autour de la Terre est négligeable.

La navette touristique effectue le trajet à la vitesse  $v = 0,15 c$ .

Les horloges de la Lune et de la Terre ont été synchronisées par l'envoi d'un signal lumineux.

- Définir intervalle de temps propre et intervalle de temps impropre.
- Les passagers et le centre de contrôle vont mesurer la durée du trajet Terre-Lune. Qui va mesurer la durée propre ? Justifier.
- Est-ce que les passagers de la navette verront la distance Terre-Lune plus grande ou plus petite que les observateurs dans le référentiel de la Terre ? Justifier.
- Calculer la différence des durée du trajet Terre--Lune mesurée par les passagers de la navette et le centre de contrôle sur la Terre.
- Une autre navette NGV (navette à grande vitesse) atteint une vitesse de  $v' > v$ . Comparer les distances parcourues dans les référentiels des passagers des deux navettes ?

## Relevé des principales constantes physiques

Grandeur physique	Symbole usuel	Valeur numérique	Unité
Constante d'Avogadro	$N_A$ (ou L)	$6,022 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
Constante molaire des gaz parfaits	R	8,314	$\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
Constante de gravitation	K (ou G)	$6,673 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
Constante électrique pour le vide	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$8,988 \cdot 10^9$	$\text{N m}^2 \text{C}^{-2}$
Célérité de la lumière dans le vide	c	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{H m}^{-1}$
Permittivité du vide	$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
Masse au repos de l'électron	$m_e$	$9,1094 \cdot 10^{-31}$	kg
		$5,4858 \cdot 10^{-4}$	u
		0,5110	$\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du proton	$m_p$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	kg
		1,0073	u
		938,27	$\text{MeV}/c^2$
Masse au repos du neutron	$m_n$	$1,6749 \cdot 10^{-27}$	kg
		1,0087	u
		939,57	$\text{MeV}/c^2$
Masse au repos d'une particule $\alpha$	$m_\alpha$	$6,6447 \cdot 10^{-27}$	kg
		4,0015	u
		3727,4	$\text{MeV}/c^2$
Constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J s
Constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène	$R_H$	$1,097 \cdot 10^7$	$\text{m}^{-1}$
Rayon de Bohr	$r_1$ (ou $a_0$ )	$5,292 \cdot 10^{-11}$	m
Energie de l'atome d'hydrogène dans l'état fondamental	$E_1$	-13,59	eV

Grandeurs liées à la Terre et au Soleil (elles peuvent dépendre du lieu ou du temps)		Valeur utilisée sauf indication contraire	
Composante horizontale du champ magnétique terrestre	$B_h$	$2 \cdot 10^{-5}$	T
Accélération de la pesanteur à la surface terrestre	g	9,81	$\text{m s}^{-2}$
Rayon moyen de la Terre	R	6370	km
Jour sidéral	T	86164	s
Masse de la Terre	$M_T$	$5,98 \cdot 10^{24}$	kg
Masse du Soleil	$M_S$	$1,99 \cdot 10^{30}$	kg

## Conversion d'unités en usage avec le SI

1 angström	$= 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
1 électronvolt	$= 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
1 unité de masse atomique	$= 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$

# Tableau périodique

		III	IV	V	VI	VII	VIII
1.	<b>1 H</b> Hydrogène 1,008						<b>2 He</b> Hélium 4,003
2.	<b>3 Li</b> Lithium 6,941	<b>4 Be</b> Béryllium 9,012					
3.	<b>11 Na</b> Sodium 22,99	<b>12 Mg</b> Magnésium 24,31					
4.	<b>19 K</b> Potassium 39,10	<b>20 Ca</b> Calcium 40,08					
5.	<b>37 Rb</b> Rubidium 85,47	<b>38 Sr</b> Strontium 87,62					
6.	<b>55 Cs</b> Césium 132,9	<b>56 Ba</b> Baryum 137,3					
7.	<b>87 Fr</b> Francium [223]	<b>88 Ra</b> Radium [226]					
		Ia	IIa	VIIa	VIIIa	IXa	Xa
		<b>13 Al</b> Aluminium 26,98	<b>14 Si</b> Silicium 28,09	<b>15 P</b> Phosphore 30,97	<b>16 S</b> Sulfure 32,07	<b>17 Cl</b> Chlore 35,45	<b>18 Ar</b> Argon 39,95
		<b>31 Ga</b> Gallium 69,72	<b>32 Ge</b> Germanium 72,61	<b>33 As</b> Arsenic 74,92	<b>34 Se</b> Sélénium 78,96	<b>35 Br</b> Brome 79,90	<b>36 Kr</b> Krypton 83,80
		<b>49 In</b> Indium 114,8	<b>50 Sn</b> Étain 118,7	<b>51 Sb</b> Antimoine 121,8	<b>52 Te</b> Tellurium 127,6	<b>53 I</b> Iode 126,9	<b>54 Xe</b> Xénon 131,3
		<b>81 Tl</b> Thallium 204,4	<b>82 Pb</b> Plomb 207,2	<b>83 Bi</b> Bismuth 209,0	<b>84 Po</b> Polonium [209]	<b>85 At</b> Astate [210]	<b>86 Rn</b> Radon [222]
		<b>111 Uuh</b> [277]	<b>112 Uub</b> [277]	<b>110 Uun</b> [269]	<b>109 Mt</b> [268]	<b>108 Hs</b> [265]	<b>107 Bh</b> [264]
		<b>29 Cu</b> Cuivre 63,55	<b>28 Ni</b> Nickel 58,69	<b>27 Co</b> Cobalt 58,93	<b>26 Fe</b> Fer 55,85	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00
		<b>47 Ag</b> Argent 107,9	<b>46 Pd</b> Palladium 106,4	<b>45 Rh</b> Rhodium 102,9	<b>44 Ru</b> Ruthénium 101,1	<b>43 Tc</b> Technétium [98]	<b>42 Mo</b> Molybdène 95,94
		<b>79 Au</b> Or 197,0	<b>78 Pt</b> Platine 106,4	<b>77 Ir</b> Iridium 192,2	<b>76 Os</b> Osmium 190,2	<b>75 Re</b> Rhénium 186,2	<b>74 W</b> Tungstène 183,8
		<b>111 Uuh</b> [277]	<b>110 Uun</b> [269]	<b>109 Mt</b> [268]	<b>108 Hs</b> [265]	<b>107 Bh</b> [264]	<b>106 Sg</b> Seaborgium [263]
		<b>79 Au</b> Or 197,0	<b>78 Pt</b> Platine 106,4	<b>77 Ir</b> Iridium 192,2	<b>76 Os</b> Osmium 190,2	<b>75 Re</b> Rhénium 186,2	<b>74 W</b> Tungstène 183,8
		<b>47 Ag</b> Argent 107,9	<b>46 Pd</b> Palladium 106,4	<b>45 Rh</b> Rhodium 102,9	<b>44 Ru</b> Ruthénium 101,1	<b>43 Tc</b> Technétium [98]	<b>42 Mo</b> Molybdène 95,94
		<b>29 Cu</b> Cuivre 63,55	<b>28 Ni</b> Nickel 58,69	<b>27 Co</b> Cobalt 58,93	<b>26 Fe</b> Fer 55,85	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00
		<b>111 Uuh</b> [277]	<b>110 Uun</b> [269]	<b>109 Mt</b> [268]	<b>108 Hs</b> [265]	<b>107 Bh</b> [264]	<b>106 Sg</b> Seaborgium [263]
		<b>104 Rf</b> Rutherfordium [261]	<b>105 Db</b> Dubnium [262]	<b>106 Sg</b> Seaborgium [263]	<b>107 Bh</b> Bohrium [264]	<b>108 Hs</b> Hassium [265]	<b>109 Mt</b> Meitnerium [268]
		<b>72 Hf</b> Hafnium 178,5	<b>73 Ta</b> Tantale 180,9	<b>74 W</b> Tungstène 183,8	<b>75 Re</b> Rhénium 186,2	<b>76 Os</b> Osmium 190,2	<b>77 Ir</b> Iridium 192,2
		<b>40 Zr</b> Zirconium 91,22	<b>41 Nb</b> Niobium 92,91	<b>42 Mo</b> Molybdène 95,94	<b>43 Tc</b> Technétium [98]	<b>44 Ru</b> Ruthénium 101,1	<b>45 Rh</b> Rhodium 102,9
		<b>22 Ti</b> Titane 47,87	<b>23 V</b> Vanadium 50,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>26 Fe</b> Fer 55,85	<b>27 Co</b> Cobalt 58,93
		<b>104 Rf</b> Rutherfordium [261]	<b>105 Db</b> Dubnium [262]	<b>106 Sg</b> Seaborgium [263]	<b>107 Bh</b> Bohrium [264]	<b>108 Hs</b> Hassium [265]	<b>109 Mt</b> Meitnerium [268]
		<b>72 Hf</b> Hafnium 178,5	<b>73 Ta</b> Tantale 180,9	<b>74 W</b> Tungstène 183,8	<b>75 Re</b> Rhénium 186,2	<b>76 Os</b> Osmium 190,2	<b>77 Ir</b> Iridium 192,2
		<b>40 Zr</b> Zirconium 91,22	<b>41 Nb</b> Niobium 92,91	<b>42 Mo</b> Molybdène 95,94	<b>43 Tc</b> Technétium [98]	<b>44 Ru</b> Ruthénium 101,1	<b>45 Rh</b> Rhodium 102,9
		<b>22 Ti</b> Titane 47,87	<b>23 V</b> Vanadium 50,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>26 Fe</b> Fer 55,85	<b>27 Co</b> Cobalt 58,93
		<b>21 Sc</b> Scandium 44,96	<b>22 Ti</b> Titane 47,87	<b>23 V</b> Vanadium 50,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>26 Fe</b> Fer 55,85
		<b>104 Rf</b> Rutherfordium [261]	<b>105 Db</b> Dubnium [262]	<b>106 Sg</b> Seaborgium [263]	<b>107 Bh</b> Bohrium [264]	<b>108 Hs</b> Hassium [265]	<b>109 Mt</b> Meitnerium [268]
		<b>72 Hf</b> Hafnium 178,5	<b>73 Ta</b> Tantale 180,9	<b>74 W</b> Tungstène 183,8	<b>75 Re</b> Rhénium 186,2	<b>76 Os</b> Osmium 190,2	<b>77 Ir</b> Iridium 192,2
		<b>40 Zr</b> Zirconium 91,22	<b>41 Nb</b> Niobium 92,91	<b>42 Mo</b> Molybdène 95,94	<b>43 Tc</b> Technétium [98]	<b>44 Ru</b> Ruthénium 101,1	<b>45 Rh</b> Rhodium 102,9
		<b>22 Ti</b> Titane 47,87	<b>23 V</b> Vanadium 50,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>26 Fe</b> Fer 55,85	<b>27 Co</b> Cobalt 58,93
		<b>21 Sc</b> Scandium 44,96	<b>22 Ti</b> Titane 47,87	<b>23 V</b> Vanadium 50,94	<b>24 Cr</b> Chrome 52,00	<b>25 Mn</b> Manganèse 54,94	<b>26 Fe</b> Fer 55,85

		Lanthanide et Actinide													
6.	<b>57 La</b> Lanthane 138,9	<b>58 Ce</b> Cérium 140,1	<b>59 Pr</b> Praséodyme 140,9	<b>60 Nd</b> Néodyme 144,2	<b>61 Pm</b> Prométhium [147]	<b>62 Sm</b> Samarium 150,4	<b>63 Eu</b> Europium 152,0	<b>64 Gd</b> Gadolinium 157,3	<b>65 Tb</b> Terbium 158,9	<b>66 Dy</b> Dysprosium 162,5	<b>67 Ho</b> Holmium 164,9	<b>68 Er</b> Erbium 167,3	<b>69 Tm</b> Thulium 168,9	<b>70 Yb</b> Ytterbium 173,0	<b>71 Lu</b> Lutétium 175
7.	<b>89 Ac</b> Actinium [227]	<b>90 Th</b> Thorium 232,0	<b>91 Pa</b> Protactinium 231,0	<b>92 U</b> Uranium 238,0	<b>93 Np</b> Neptunium [237]	<b>94 Pu</b> Plutonium [244]	<b>95 Am</b> Américium [243]	<b>96 Cm</b> Curium [247]	<b>97 Bk</b> Berkélium [247]	<b>98 Cf</b> Californium [251]	<b>99 Es</b> Einsteinium [252]	<b>100 Fm</b> Fermium [257]	<b>101 Md</b> Mendélévium [258]	<b>102 No</b> Nobelium [259]	<b>103 Lr</b> Lawrencium [262]

## Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin^2 x = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi - x) &= \sin x \\ \cos(\pi - x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi - x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(\pi + x) &= -\sin x \\ \cos(\pi + x) &= -\cos x \\ \operatorname{tg}(\pi + x) &= \operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(-x) &= -\sin x \\ \cos(-x) &= \cos x \\ \operatorname{tg}(-x) &= -\operatorname{tg} x \end{aligned}$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \operatorname{cotg} x$$

$$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$$

$$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\operatorname{cotg} x$$

$$\begin{aligned} \sin(x + y) &= \sin x \cos y + \cos x \sin y \\ \sin(x - y) &= \sin x \cos y - \cos x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x + y) = \frac{\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y}{1 - \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \cos(x + y) &= \cos x \cos y - \sin x \sin y \\ \cos(x - y) &= \cos x \cos y + \sin x \sin y \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg}(x - y) = \frac{\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y}{1 + \operatorname{tg} x \operatorname{tg} y}$$

$$\begin{aligned} \sin 2x &= 2 \sin x \cos x \\ \cos 2x &= \cos^2 x - \sin^2 x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cos^2 x &= 1 + \cos 2x \\ 2 \sin^2 x &= 1 - \cos 2x \end{aligned}$$

$$\sin 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\cos 2x = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 x}{1 + \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\operatorname{tg} 2x = \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x}$$

$$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$$

$$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$$

$$\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$

$$\cos p + \cos q = 2 \cos \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$$

$$\cos p - \cos q = -2 \sin \frac{p+q}{2} \sin \frac{p-q}{2}$$

$$\operatorname{tg} p + \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p+q)}{\cos p \cos q}$$

$$\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} q = \frac{\sin(p-q)}{\cos p \cos q}$$

$$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$$

$$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$