

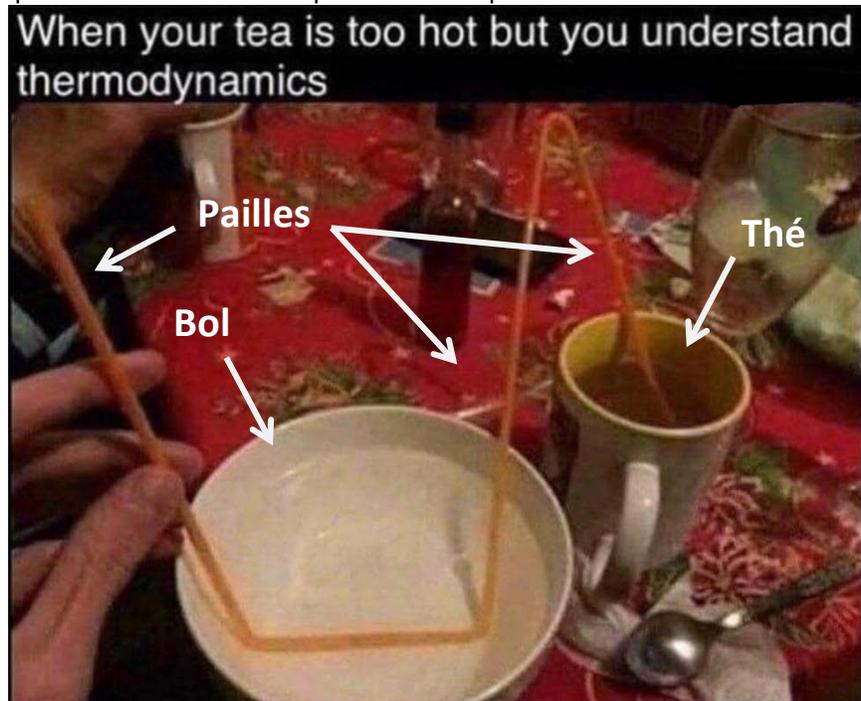
Date : 22 avril 2022  
 Responsable : Pedro A. Segura

Local : D3-2041  
 Heure : 9h00-12h00

Consignes :

- Seulement les résumés des notes de cours, **écrits à la main**, sont permis.
- L'annexe se trouve aux pages 4 à 6.
- Répondez aux questions sur les feuilles de réponses.

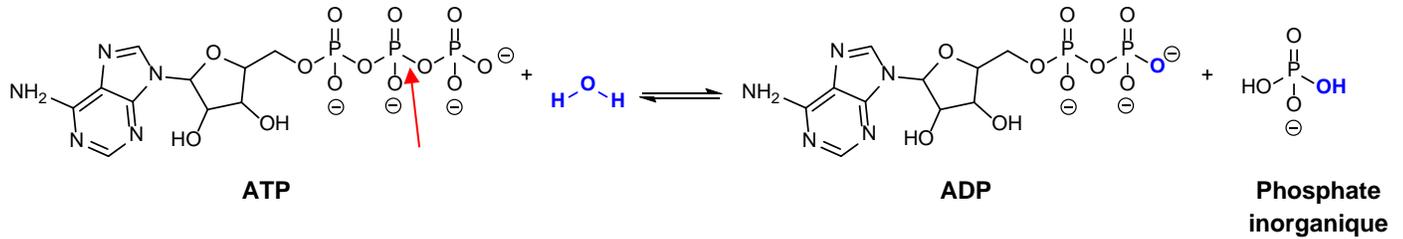
1. **(20 points)** Un de vos amis, qui n'a malheureusement pas suivi le cours CHM 103, vous demande de lui expliquer un mème qu'il a vu sur le réseau social *Instagram* (**Figure 1**). Dans ce mème on peut voir un individu qui utilise une série de pailles pour faire passer du thé très chaud par un bol rempli d'eau.



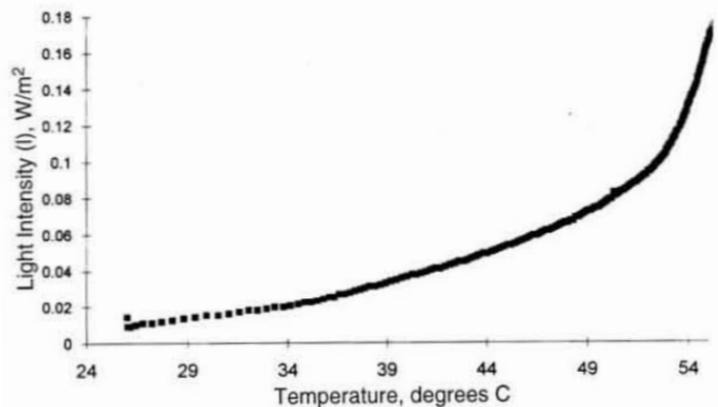
**Figure 1.** Le mème « Quand ton thé est trop chaud, mais tu comprends la thermodynamique ».

- (10 points) Pouvez-vous expliquer ce mème à votre ami?
- (5 points) Si la masse de thé liquide qui passe par les pailles est de 6.2 g et sa température de 90.1 °C et que le bol contient une masse de 354.8 g d'eau à 20.3 °C, quelle serait la température minimale du thé en sortant des pailles?  
*Note* : Puisque boire cette masse de thé prends quelques seconds, supposez qu'il n'y a pas de pertes vers l'environnement. La température minimale est celle de l'équilibre thermique entre le thé et l'eau dans le bol.
- (5 points) Proposez une approche pour obtenir une température plus basse que celle obtenue en 1.b? Expliquez.

2. (30 points) L'hydrolyse de l'adénosine triphosphate (ATP) pour former l'adénosine diphosphate (ADP) est une réaction fondamentale pour le métabolisme cellulaire des êtres vivants (la flèche rouge indique le lien P-O brisé lors de la réaction):



- (5 points) À l'aide de la variation de l'énergie de Gibbs de formation des réactifs et des produits, calculez la variation de l'énergie standard de Gibbs de la réaction ( $\Delta G_r^0$ ).
  - (5 points) Quel sens de la réaction est favorisé (direct ou inverse)? Expliquez.
  - (5 points) Déterminez la constante d'équilibre de la réaction à 298,15 K. Est-ce que le résultat obtenu concorde avec votre réponse en 2.b)? Expliquez.
  - (10 points) L'encyclopédie en ligne Wikipédia affirme faussement que la réaction de l'hydrolyse de l'ATP est utilisée comme source d'énergie chez les êtres vivants *parce que le bris du lien P-O dans l'ATP libère beaucoup d'énergie*. Pourquoi cette affirmation est-elle fautive?
  - (5 points) Comment pouvez expliquer que l'hydrolyse de l'ATP soit utilisée comme source d'énergie par les cellules?
3. (20 points) Les bâtons lumineux produisent la lumière grâce à une cascade de réactions chimiques qui est déclenchée lorsque le bâton est plié. La dernière étape de cette cascade est la libération d'énergie qui est utilisée pour exciter un colorant capable d'émettre des photons pour retourner à son état fondamental. L'ordre de cette réaction est de 1, donc la constante de vitesse ( $k$ ) est proportionnelle à la l'intensité de la lumière émise par le bâton. L'effet de la température sur la cinétique de la réaction de production de lumière dans les bâtons lumineux a été étudié par Bindel [*J. Chem. Educ.*, 1996, 73(4): 356]. Les résultats qui ont été obtenus quand un bâton lumineux a été introduit dans un bécher contenant de l'eau à 55 °C sont montrés à la **Figure 2**. Une sonde de température a été introduite dans le bâton lumineux pour mesurer sa température et l'intensité de la lumière émise par le bâton a été mesurée par un détecteur.



**Figure 2.** Effet de l'augmentation de la température sur l'intensité de la lumière produite par un bâton lumineux.  
Source: Bindel, T. H. (1996). *J. Chem. Educ.*, 73(4): 356.

Un graphique du logarithme naturel de l'intensité de la lumière en fonction de l'inverse de la température (en Kelvin) a donné une droite dont l'équation est:

$$y = (-6735.0 \pm 1.4)x + (18.1 \pm 4.4)$$

- (5 points) Déterminez l'énergie d'activation de la réaction.
  - (10 points) Quel est le rôle de l'énergie d'activation dans l'avancement des réactions? Expliquez selon les concepts vus en classe.
  - (5 points) La réaction d'émission de lumière utilise une base comme catalyseur. Quel est l'effet du catalyseur sur l'énergie d'activation? Expliquez.
4. (30 points) Les propriétés colligatives peuvent être utilisées pour déterminer la masse moléculaire des composés. Vous voulez mettre au point une expérience d'abaissement du point de congélation pour déterminer la masse moléculaire de deux composés inconnus que vous avez synthétisés au laboratoire. Les composés sont non électrolytiques et vous suspectez le composé inconnu #1 est une molécule de masse moléculaire  $\approx 300 \text{ g mol}^{-1}$  et le composé #2  $\approx 10000 \text{ g mol}^{-1}$ . Voici le matériel dont vous disposez:

- Une masse de 100 g de chaque composé
- Une masse de 1 kg de chaque solvant du Tableau 1.
- Un thermomètre numérique ayant une précision de  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Un système de refroidissement capable de refroidir entre  $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $- 23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Tableau 1.** Solvants disponibles pour votre expérience. Tous les solvants sont organiques sauf l'eau.

Solvant	Point de congélation ( $^\circ\text{C}$ )	$k_f$ ( $\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
acétone	-95,35	2,40
benzène	5,5	5,12
camphre	179,8	39,7
tétrachlorure de carbone	-23	29,8
cyclohexane	6,5	20,1
naphtalène	80,5	6,94
phénol	43	7,27
eau	0	1,86

- (5 points) Proposez le solvant qui devrait être utilisé pour réaliser l'expérience. Expliquez votre choix.
- (5 points) Estimez le point de congélation attendu pour le solvant choisi en 4.a avec le composé #1 comme soluté. Est-ce que cette température est mesurable avec le matériel disponible?
- (5 points) Estimez le point de congélation attendu pour le solvant choisi en 4.a avec le composé #2 comme soluté. Est-ce que cette température est mesurable le matériel disponible?
- (5 points) Vous ne connaissez pas la solubilité de votre composé dans le solvant choisi, pourquoi est-il important de connaître cette valeur pour réaliser l'expérience?
- (10 points) Pourquoi l'abaissement de la température de fusion dépend-il uniquement de la molalité du soluté et non de sa nature? Expliquez selon les concepts vus en classe.

## Annexe

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
<p>1 <b>H</b> Hydrogène 1,008</p> <p>2 <b>Li</b> Lithium 6,94</p> <p>3 <b>Na</b> Sodium 22,990</p> <p>4 <b>K</b> Potassium 39,098</p> <p>5 <b>Rb</b> Rubidium 85,468</p> <p>6 <b>Cs</b> Césium 132,91</p> <p>7 <b>Fr</b> Francium (223)</p>	<p>Atomique Sym Nom Masse</p> <p>3 <b>Li</b> Lithium 6,94</p> <p>11 <b>Na</b> Sodium 22,990</p> <p>19 <b>K</b> Potassium 39,098</p> <p>37 <b>Rb</b> Rubidium 85,468</p> <p>55 <b>Cs</b> Césium 132,91</p> <p>87 <b>Fr</b> Francium (223)</p>	<p>4 <b>Be</b> Béryllium 9,0122</p> <p>12 <b>Mg</b> Magnésium 24,305</p> <p>20 <b>Ca</b> Calcium 40,078</p> <p>38 <b>Sr</b> Strontium 87,62</p> <p>56 <b>Ba</b> Baryum 137,33</p> <p>88 <b>Ra</b> Radium (226)</p>	<p><b>C</b> Solide</p> <p><b>Hg</b> Liquide</p> <p><b>H</b> Gaz</p> <p><b>Rf</b> Inconnu</p>	<p><b>Métaux</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>Métaux alcalins</span> <span>Métaux alcalino-terreux</span> <span>Lanthanides</span> <span>Actinides</span> <span>Métaux de transition</span> <span>Post-transition</span> <span>Métalloïdes</span> <span>Non-métaux</span> <span>Gaz rares</span> </div>										<p>5 <b>B</b> Bore 10,81</p> <p>13 <b>Al</b> Aluminium 26,982</p> <p>21 <b>Sc</b> Scandium 44,956</p> <p>29 <b>Cu</b> Cuivre 63,546</p> <p>37 <b>Rb</b> Rubidium 85,468</p> <p>55 <b>Cs</b> Césium 132,91</p> <p>87 <b>Fr</b> Francium (223)</p>	<p>6 <b>C</b> Carbone 12,011</p> <p>14 <b>Si</b> Silicium 28,085</p> <p>22 <b>Ti</b> Titane 47,867</p> <p>30 <b>Zn</b> Zinc 65,38</p> <p>48 <b>Cd</b> Cadmium 112,41</p> <p>66 <b>Dy</b> Dysprosium 162,50</p> <p>84 <b>Po</b> Polonium (209)</p> <p>112 <b>Cn</b> Nihonium (285)</p>	<p>7 <b>N</b> Azote 14,007</p> <p>15 <b>P</b> Phosphore 30,974</p> <p>23 <b>V</b> Vanadium 50,942</p> <p>31 <b>Ga</b> Gallium 69,723</p> <p>49 <b>In</b> Indium 114,82</p> <p>67 <b>Ho</b> Holmium 164,93</p> <p>85 <b>At</b> Astate (210)</p> <p>113 <b>Nh</b> Nihonium (286)</p>	<p>8 <b>O</b> Oxygène 15,999</p> <p>16 <b>S</b> Soufre 32,06</p> <p>24 <b>Cr</b> Chrome 51,996</p> <p>32 <b>Ge</b> Germanium 72,630</p> <p>50 <b>Sn</b> Étain 118,71</p> <p>68 <b>Er</b> Erbium 167,26</p> <p>86 <b>Po</b> Polonium (209)</p> <p>114 <b>Fl</b> Flerovium (289)</p>	<p>9 <b>F</b> Fluor 18,998</p> <p>17 <b>Cl</b> Chlore 35,45</p> <p>25 <b>Mn</b> Manganèse 54,938</p> <p>33 <b>As</b> Arsenic 74,922</p> <p>51 <b>Sb</b> Antimoine 121,76</p> <p>69 <b>Tm</b> Thulium 168,93</p> <p>87 <b>At</b> Astate (210)</p> <p>115 <b>Mc</b> Moscovium (290)</p>	<p>10 <b>Ne</b> Néon 20,180</p> <p>18 <b>Ar</b> Argon 39,948</p> <p>26 <b>Fe</b> Fer 55,845</p> <p>34 <b>Se</b> Sélénium 78,971</p> <p>52 <b>Te</b> Tellure 127,60</p> <p>70 <b>Yb</b> Ytterbium 173,05</p> <p>88 <b>Rn</b> Radon (222)</p> <p>116 <b>Lv</b> Livermorium (293)</p>	<p>16 <b>O</b> Oxygène 15,999</p> <p>34 <b>Se</b> Sélénium 78,971</p> <p>52 <b>Te</b> Tellure 127,60</p> <p>84 <b>Po</b> Polonium (209)</p> <p>116 <b>Lv</b> Livermorium (293)</p>	<p>17 <b>Cl</b> Chlore 35,45</p> <p>35 <b>Br</b> Brome 79,904</p> <p>53 <b>I</b> Iode 126,90</p> <p>85 <b>At</b> Astate (210)</p> <p>117 <b>Ts</b> Tennessee (294)</p>	<p>2 <b>He</b> Hélium 4,0026</p> <p>10 <b>Ne</b> Néon 20,180</p> <p>18 <b>Ar</b> Argon 39,948</p> <p>36 <b>Kr</b> Krypton 83,798</p> <p>54 <b>Xe</b> Xénon 131,29</p> <p>86 <b>Rn</b> Radon (222)</p> <p>118 <b>Og</b> Oganesson (294)</p>

Les masses atomiques entre parenthèses sont celles de l'isotope le plus stable ou le plus commun.

Tableau Périodique Copyright du design et interface © 1997 Michael Dayah. Ptable.com Dernière mise à jour 16 juin 2017

57 <b>La</b> Lanthane 138,91	58 <b>Ce</b> Cérium 140,12	59 <b>Pr</b> Praséodyme 140,91	60 <b>Nd</b> Néodyme 144,24	61 <b>Pm</b> Prométhium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150,36	63 <b>Eu</b> Europium 151,96	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157,25	65 <b>Tb</b> Terbium 158,93	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162,50	67 <b>Ho</b> Holmium 164,93	68 <b>Er</b> Erbium 167,26	69 <b>Tm</b> Thulium 168,93	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173,05	71 <b>Lu</b> Lutécium 174,97
89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232,04	91 <b>Pa</b> Protactinium 231,04	92 <b>U</b> Uranium 238,03	93 <b>Np</b> Neptunium (237)	94 <b>Pu</b> Plutonium (244)	95 <b>Am</b> Américium (243)	96 <b>Cm</b> Curium (247)	97 <b>Bk</b> Berkélium (247)	98 <b>Cf</b> Californium (251)	99 <b>Es</b> Einsteinium (252)	100 <b>Fm</b> Fermium (257)	101 <b>Md</b> Mendélévium (258)	102 <b>No</b> Nobélium (259)	103 <b>Lr</b> Lawrencium (266)

### Capacités calorifiques spécifiques des matériaux courants

Matériau	C <sub>s</sub> (J °C <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )
Aluminium	0.887
Argile	0.878
Cuivre	0.385
Eau	4.187
Verre	0.792
Bois de chêne	2.38

**CHM 101 Structure et réactivité de la matière**  
**Examen final**

<b>RELATIONS ENTRE LES UNITÉS*</b>		
Propriété	Unité courante	Unité SI
Masse	2,205 lb (lb = livre)	1,000 kg
	1,000 lb	453,6 g
	1,000 oz (oz = once)	28,35 g
	1,000 ton (= 2000 lb)	907,2 kg
	<b>1 t (t = tonne)</b>	<b>10<sup>3</sup> kg</b>
Longueur	1,094 yd (yd = yard)	1,000 m
	0,3937 in, (in, = inch)	1,000 cm
	0,6214 mi (mi = mile)	1,000 km
	<b>1 in,</b>	<b>2,54 cm</b>
	<b>1 ft (ft = pied)</b>	<b>30,48 cm</b>
	1,000 yd	0,9144 m
	<b>1 Å (Å = ångström)</b>	<b>10<sup>-10</sup> m</b>
Volume	<b>1 L (L = litre)</b>	<b>10<sup>3</sup> cm<sup>3</sup>, 1 dm<sup>3</sup></b>
	1,000 gal (gal = gallon) <sup>†</sup>	3,785 dm <sup>3</sup> (3,785 L)
	1,00 ft <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> = pied cube)	2,83 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> (28,3 L)
	1,00 qt (qt = quart) <sup>†</sup>	9,46 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> (0,946 L)
Temps	<b>1 min (min = minute)</b>	<b>60 s</b>
	<b>1 h (h = heure)</b>	<b>3600 s</b>
	<b>1 jour</b>	<b>86 400 s</b>
Pression	<b>1 atm (atm = atmosphère)</b>	<b>1,013 25 × 10<sup>5</sup> Pa</b>
	1,000 Torr, soit 1,000 mmHg	133,3 Pa
	1,000 psi (psi = livre par pouce carré)	6,895 kPa
	<b>1 bar</b>	<b>10<sup>5</sup> Pa</b>
Énergie	<b>1 cal</b>	<b>4,184 J</b>
	1 eV	1,60218 × 10 <sup>-19</sup> J; 96,485 kJ·mol <sup>-1</sup>
	<b>1 C·V</b>	<b>1 J</b>
	1 kWh (kWh = kilowatt-heure)	3,600 × 10 <sup>3</sup> kJ
	<b>1 L·atm</b>	<b>101,325 J</b>
Conversions de température	(Température Fahrenheit)/°F = $\frac{9}{5} \times$ (Température Celsius)/°C + 32	
	(Température Celsius)/°C = $\frac{5}{9} \times$ {(Température Fahrenheit)/°F - 32}	
	(Température Kelvin)/K = (Température Celsius)/°C + 273,15	

\*Les valeurs en caractères gras sont exactes.

<sup>†</sup>Le quart et le gallon européens et canadiens sont 1,201 fois plus grands.

**TABLEAU 3B.1 La constante des gaz, R\***

8,205 74 × 10<sup>-2</sup> L·atm·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>  
8,314 46 × 10<sup>-2</sup> L·bar·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>  
8,314 46 L·kPa·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>  
8,314 46 J·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>  
62,364 L·Torr·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>

\* La constante des gaz est reliée à la constante de Boltzmann,  $k$ , par  $R = N_A k$ , où  $N_A$  est la constante d'Avogadro.

**Formule quadratique**

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

**CHM 101 Structure et réactivité de la matière**  
**Examen final**

**Tableau A1.** Énergies de Gibbs de formation des composés utilisés en biochimie à 25°C et différentes forces ioniques à pH 7 (utilisez les valeurs de force ionique nulle: 0 M).

Table 1  
Standard transformed Gibbs energies of formation  $\Delta_f G^\circ$  of biochemical reactants at 25 °C, pH 7, and three ionic strengths

Ionic strength/M	$\Delta_f G^\circ/\text{kJ mol}^{-1}$		
	0	0.10	0.25
Acetaldehyde	20.83	23.27	24.06
Acetate	-249.44	-248.22	-247.82
Acetone	80.03	83.71	84.89
Acetyl-CoA	1219.67	1229.87	1233.09
cis-Aconitate	-797.26	-800.94	-802.12
Adenosine	340.55	348.51	351.08
Adentine	512.07	515.13	516.12
ADP	-1413.24	-1409.95	-1409.00
L-Alanine	-91.31	-87.02	-85.64
Ammonia	80.52	82.35	82.94
AMP	-546.38	-540.87	-539.17
Arabinose	-342.67	-336.55	-334.57
L-Asparagine	-206.28	-201.38	-199.80
L-Aspartate	-456.15	-453.09	-452.10
ATP	-2276.88	-2276.43	-2276.77
1-Butanal	189.79	194.68	196.26
n-Butanol	227.72	233.84	235.82
Butyrate	-72.94	-69.26	-68.08
Citrate	-963.46	-965.49	-966.23
CO <sub>2</sub> (g)	-394.36	-394.36	-394.36
CO <sub>2</sub> (total in solution)(TotCO <sub>2</sub> )	-547.33	-547.15	-547.10
CoA	1278.60	1288.39	1291.56
CoAglycylthione	1850.51	1867.03	1872.37
CO(aq)	-119.90	-119.90	-119.90
CO(g)	-137.17	-137.17	-137.17
Creatine	100.41	105.92	107.69
Creatinine	256.55	260.84	262.22
L-Cysteine	-59.23	-55.01	-53.65
L-cystine	-187.03	-179.69	-177.32
Cytochrome c <sub>ox</sub>	0	-5.51	-7.29
Cytochrome c <sub>red</sub>	-24.54	-26.96	-27.75
5-Dehydro-D-fructose	-481.34	-475.22	-473.24
Ethanol	58.10	61.77	62.96
Ethyl acetate	-18.00	-13.1	-11.52
FAD <sub>ox</sub>	1238.65	1255.17	1260.51
FAD <sub>red</sub>	1279.68	1297.43	1303.16
Ferredoxin <sub>ox</sub>	0	-0.61	-0.81
Ferredoxin <sub>red</sub>	38.07	38.07	38.07
FMN <sub>ox</sub>	759.17	768.35	771.32
FMN <sub>red</sub>	800.20	810.61	813.97
Formate	-311.04	-311.04	-311.04
Fructose 1,6-bisphosphate	-2205.30	-2207.48	-2208.35
Fructose	-436.03	-428.69	-426.32
Fructose 6-phosphate	-1321.71	-1317.16	-1315.74
Fumarate	-521.96	-523.18	-523.58
Galactose 1-phosphate	-1317.50	-1313.01	-1311.60
Galactose	-429.45	-422.11	-419.74
D-Glucono-1,5-lactone-6-phosphate	-1391.71	-1388.30	-1387.25
D-Glucono-1,5-lactone	-506.38	-500.26	-498.28
Glucose 6-phosphate	-1325.00	-1320.37	-1318.92
Glucose 1-phosphate	-1318.03	-1313.34	-1311.89
Glucose	-436.42	-429.08	-426.71
L-Glutamate	-377.82	-373.54	-372.16
L-Glutamine	-128.46	-122.34	-120.36
Glutathione <sub>red</sub>	625.56	633.52	636.09
Glutathione <sub>ox</sub>	1198.69	1214.60	1219.74
Glyceraldehyde	-247.39	-243.11	-241.73
Glycerol	-177.83	-172.93	-171.35
Glycerol 3-phosphate	-1080.22	-1077.83	-1077.14
Glycerone (dihydroxyacetone)	-212.60	-208.32	-206.94
Glycerone phosphate	-1116.27	-1114.49	-1113.99
L-Glycine	-180.13	-177.07	-176.08
Glycolate	-411.08	-409.86	-409.46
Glycylglycine	-200.55	-195.65	-194.07
Glyoxylate	-428.64	-428.64	-428.64
H <sub>2</sub> (aq)	97.51	98.74	99.13
H <sub>2</sub> (g)	79.91	81.17	81.53
H <sub>2</sub> O	-157.28	-156.05	-155.66

Ionic strength/M	$D_f G^\circ/\text{kJ mol}^{-1}$		
	0	0.10	0.25
Hydrogen peroxide	-54.12	-52.89	-52.50
R-2-Hydroxyglutarate	-595.47	-594.24	-593.85
β-Hydroxyproprionate	-318.62	-316.17	-315.38
Hypoxanthine	249.33	251.77	252.56
Indole	503.49	507.78	509.16
Isoctrate	-956.82	-958.84	-959.58
L-Isoleucine	175.53	183.49	186.06
Lactate	-316.94	-314.49	-313.70
Lactose	-688.29	-674.82	-670.48
L-Leucine	167.18	175.14	177.71
L-Lyxose	-349.58	-343.46	-341.48
L-malate	-682.83	-682.83	-682.83
Maltose	-695.65	-682.19	-677.84
D-Mannitol 1-phosphate	-1274.68	-1268.91	-1267.09
D-Mannitol	-383.22	-	-371.89
Mannose	-431.51	-	421.80
Methane	109.11	111.55	112.34
Methanol	335.14	337.58	338.37
L-Methionine	-63.40	-56.67	-54.49
Methylamine	199.88	202.94	203.93
N <sub>2</sub> (aq)	18.07	18.07	18.07
N <sub>2</sub> (g)	0	0	0
NAD <sub>ox</sub>	1038.86	1054.17	1059.11
NADP <sub>ox</sub>	998.91	1008.70	1011.86
NADP <sub>red</sub>	1064.85	1070.97	1072.95
NAD <sub>red</sub>	1101.47	1115.55	1120.09
O <sub>2</sub> (aq)	16.4	16.4	16.4
O <sub>2</sub> (g)	0	0	0
Oxalate	-673.90	676.35	-677.14
Oxaloacetate	-713.37	-714.60	-714.99
Oxalosuccinate	-979.06	-979.06	-979.06
Oxalyl-CoA	776.65	780.32	781.50
2-Oxoglutarate	-633.59	-633.59	-633.59
3-Oxolactose	-643.88	-630.42	-626.07
3-Oxopropanoate	-356.08	-354.85	-354.46
Palmitate	979.25	997.61	1003.54
L-Phenylalanine	232.42	239.15	241.33
Phosphate (inorganic)	-1058.56	-1059.17	-1059.49
2-propanol	134.43	139.32	140.90
n-propanol	143.84	148.74	150.32
Pyrophosphate	-1937.66	-1941.82	-1943.35
Pyruvate	-352.4	-351.18	-350.78
Retinal	1118.78	1135.91	1141.45
Retinol	1170.77	1189.13	1195.06
Ribitol	-296.66	-289.93	-287.75
Ribose	-339.23	-333.11	-331.13
Ribose 5-phosphate	-1223.95	-1220.32	-1219.22
Ribulose	-336.38	-330.26	-328.28
L-Serine	-231.18	-226.89	-225.51
D-Sorbitol 6-phosphate	-1272.01	-1266.24	-1264.42
D-Sorbitol	-388.92	-380.35	-377.58
L-Sorbose	-432.47	-425.13	-422.76
Succinyl-CoA	945.32	946.66	946.99
Succinate	-530.62	-530.62	-530.62
Sucrose	-685.66	-672.20	-667.85
Thioredoxin <sub>ox</sub>	0	0	0
Thioredoxin <sub>red</sub>	54.03	55.26	55.65
L-Threonine	-169.28	-163.77	-161.99
L-Tryptophane	366.88	374.22	376.59
L-Tyrosine	68.82	75.55	77.73
Ubiquinone <sub>ox</sub>	3596.07	3651.15	3668.94
Ubiquinone <sub>red</sub>	3586.16	3642.47	3660.65
Urate	-206.10	-204.85	-204.45
Urea	-42.97	-40.53	-39.73
L-Valine	80.87	87.60	89.78
Xylitol	-299.48	-292.14	-289.77
Xylose	-350.93	-344.81	-342.83
D-Xylulose	-346.59	-340.47	-338.49

Note: This table is based on the conventions that  $\Delta_f G^\circ = \Delta_f H^\circ = 0$  for the species H<sup>+</sup>, adenine, NAD<sup>+</sup>, NADP<sup>3-</sup>, FMN<sup>2-</sup>, FAD<sup>2-</sup>, ubiquinone (oxidized), ferredoxin<sup>+</sup>, cytochrome c(Fe<sup>3+</sup>), GSSG<sup>2-</sup>, thioredoxin (oxidized), and retinal at zero ionic strength. FMN and FAD are the abbreviations for flavin mononucleotide and flavin adenine dinucleotide.