

高等學校交流講義

冶金原理

重慶大學 蔣導江編

(內部交流 * 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

冶金原理提綱及進度

1954年度 第一學期

章	內 容	學 時
第一章	緒 論	2
第二章	鋼鐵生產的一般過程	3
第三章	物理化學基礎	11
	討 論	2
第四章	CO與H ₂ 的燃燒反應	6
第五章	固體炭的燃燒反應	6
第六章	分解反應	6
	討 論	2
第七章	還原反應	10
第八章	爐渣	6
第九章	氧化熔煉	8
	討 論	2
第十章	去磷與去硫反應	4
第十一章	氣體在鋼內的溶解度	2
	總 結	2

共 計
放 假
自 修

總 計

冶金原理

第一章 緒論

I 冶金原理在鋼鐵冶金中的地位——研究對象

冶金原理並不涉及鋼鐵廠的機件設備，鍊爐設計和構造，裝料及其計算和操作規程等，這些都是以後專業課中講授的範圍。它只討論

a 由原料——主要是礦石和粗金屬——至成品的過程中所起理化作用，特別是化學反應的作用。

δ 這些反應在存在的客觀條件下主要是溫度有什麼影響，一向何方向進行，進行的程度速度等。

ε 掌握了這些條件和反應的規律後，進一步控制反應的作用以達到冶煉的目的。

必須指出，溫度這一重要條件是靠熱能的增減而定，因此，燃料的燃燒理論，也是冶金原理中的重要一部份。又必須指出這裡主要是指火法冶金的原理。

由此可以看出冶金原理的目的是對個別重要的火法冶金反應的物理化學的分析，因此，稱它為火法冶金的物理化學是比較適宜的。它不研究實際操作，但是它的指針控制品質的關鍵，也是在實際操作之先所應用的基礎知識。

冶金反應一般是進行複雜的不均勻系中。它們的特性是多種相間的相互作用，相的轉變，新相的產生及舊相的消滅。在研究這些系的行為時，如像在物理化學一樣，應明瞭三個基本問題：

首先必須確定它們的構造即系統中相的數目，每個相及界面的特性和分子構造；第二須決定系統全部和部份的平衡狀態可能產生的條件；第三應當明確使反應達到平衡的速度，即研究過程的動力論。

II 研究冶金原理的重要性

煉鐵及煉鋼作業是非常複雜的，也是多種類型的。這裡產生了

固體氣件及液體燃燒的燃燒反應氧化物及硫酸鹽及硫酸鹽的分解，金屬的氧化及還原，爐渣的形成，氣體和液體金屬及爐渣相互作用的反應，以及液體爐渣和金屬的反應。

必須明確，在同時降低單位生產的原料及能量的消耗之下，如增加冶金設備的生產力和盡可能延長設備的使用壽命，祇能經由正確的操作而實現。因此首先必須正確地了解各種複雜的操作過程及時而可靠地變更它們進行的條件。

冶金操作的主要規律，對於它們必要變化方向的選擇以及具有必須性質金屬的獲得，在控制實際作業上是很重要的。而有效地進行這些工作的先決條件就是掌握冶金作業的物理化學理論。冶金生產的專門課目是在這些理論基礎上建立和發展起來的。

III 冶金工業在國民經濟上的作用

冶金工業是國民經濟的主要一部。斯大林同志說：蘇聯冶金學者的任務就是提高生鐵產量每年到五千萬噸，鋼到六千萬噸。再加上煤和石油開採的高度水平這就創造了一個可認為我們祖國將是沒有意外事件發生的保證。

黑色冶金發展的程度是對國民經濟起決定性指標之一：而且它決定了工業建築及交通事業的發展。

蘇聯的冶金在列寧和斯大林領導下展開了社會主義競賽，執行了幾個五年計劃。在1946——1950年間比戰前水平提高了4%其中生鐵熔煉佔29%鋼佔49%壓延佔59%。

蘇聯社會主義經濟是以高度發展的在伏爾加及頓河上建造了共產主義的最大建設，建築了世界上最大的水電站，運河及重建了幾十個工廠。所以這些都需要的金屬。正如斯大林同志所示，金屬是我們工業基礎的基礎它的供應必須按照工業及運輸的平衡發展。

蘇聯的冶金學者們已遵了斯大林的指示使冶金生產達到很高的發展在蘇聯1953年的生產與1950年的生產比生鐵要增加76%鋼增加62%壓延64%這必須改進冶金的作業，使它自動化和機械化。

我國正在毛主席的領導下向工業化邁進，解放後僅三年(1952)工業生產即已超過歷史上最高水平。

IV 金屬的分類

按照金屬的主要性質，它們的存在方式，冶煉方法及其用途，金屬可分為下列幾類：

α. 貴重金屬——Au 和 Pt, Pd 也可算入。它們有很小的化學活性，能在許多條件下保持自己的純潔表面(不生鏽)；大半是以自然狀態出現於自然界。按照性質言，Ag 也相似，因此也屬於這一類。

δ 有色金屬——Cu, Pb, Zn, Sn... 以及其他應用於有色及黑色冶金上的金屬。廣義言之，除鐵外，一般均屬這一類。

β. 黑色金屬——就是鐵，但包括大規模製造并有廣大用途的各種形式的鐵——熟鐵、生鐵及鋼。這三類黑色冶金的產品是鐵與其他元素的合金，如 C, Mn, Si, S, P 等。在有色與黑色金屬之間，也有一些中間性質的金屬，它們在鋼鐵合金製造上起着很大的作用，如 Mn, Cr 等。按照分類，它們還是屬於有色範圍。

γ. 輕金屬——Al, Mg, Be 等常用的是合金。由於比重小，在航空工業上有很大的用途。

此外還有重金屬(Cu, Pb 等)稀有金屬(Mo, V 等)放射金屬(Ra, U 等)。從此可以看出，除黑色金屬一項外，其餘的分類，均屬於有色金屬的分類。

人類學會用鐵，始於何時何人已無法確定，實際上金、銀、銅、鐵、錫、汞六種金屬的使用均在有史以前。冶金學者一般的意見是：最初為石器時代，即是不知應用金屬的時代，以後為青銅(銅錫合金)時代，然後才是鐵器時代。

人類開始應用 Cu, Sn, 而後才用鐵的理由是前者有光澤，自然存在於易於為人所注意，而且這些金屬或其合金的熔點很低，不如鐵那樣難得製造。但據最新資料，鐵器是比銅器還早。當然銅是天然存在狀態，但銅、錫都是很軟的，不利於工具製造，可是對人類進步說重要的就是

製造工具，否則人就變得孤立了。好工具必須鐵，由鐵煉鋼固然須要高温和技巧，但由礱石煉生鐵却没有這些困難。假如古時没有留下足以証明鐵的應用，那是因為 1. 鐵比有色金屬易生銹腐爛，因此没有長時間保留的特性。2. 這個普通存在的金屬現在如此廣用，為何古時就没有鐵呢？人類以認識鐵是從隕石開始，比較性可能最大。

V. 冶金作業的分類

從礱石冶煉成金屬的實際操作法可分類如下：

1. 火法冶金——它是在高温下進行，經過熔化而完成的，達到高温的熱能通常由燃料燃燒而來。在某些情況下，也由放熱的化學反應來。第一類例子是黑色冶金中的高爐生鐵冶煉及平爐內轉變生鐵成鋼。吹爐熔煉就是後一類的例子，不論是酸性或鹼性的吹爐法，由於生鐵內雜質(Mn, Si, C)的猛烈氧化，放出大量熱能足以所供給所需要的高温；因此生鐵中的雜質氧化起了燃料燃燒的作用。

火法冶金是最普通最重要的方法，它適宜於富礦貧礦和其他難煉礱石。它也是鋼鐵冶金最重要的方法及許多有色金屬的冶煉方法。

2. 電冶金——這也是高温作業，但所需熱能不是由燃料的燃燒。而由於電能的轉變。電冶金的典型例子是電爐煉鋼及煉鐵合金。常用的電爐有電弧及感應之別。

用直電流的電解法取得金屬，特別是用高温的熔化電解體時，如製取鋁，鎂等，也是火法的電冶金。

3. 濕法冶金（或水冶金）——是用水溶液來處理礱石或富集礦，所得者為汞膏—金屬的溶液。此法稱為浸溶或溶濾法。用水銀將金屬變為汞膏而提取者亦稱水冶金。必須指出，此水溶液只能溶解金屬，而不能溶解脈石，方合條件，因此水冶方法受了限制，用途不廣。

此法所得溶液可利用下列方法提出金屬：

a. 化學沉澱法

δ 電解法

水冶金廣用於有色金屬的製造。只有純鐵方用電解製造，但它

的規模很小。

VI 礦石，熔劑，礦石處理

A 礦石

1. 定義：

(1) 任何的礦石——各種自然界礦物的機械混合體其中含有可提取金屬的有用礦物。

(2) 工業用礦石——仍為礦物的混合體但其中含金屬的量很高對於很難提取純金屬的煤質(如鐵中的S, P, 鋁中的 SiO_2 , Fe_2O_3)很低因而有利於純金屬的提取。

2. 礦石分類

a. 按照金屬化合情況形：

(1) 自然礦石——金屬在該礦石中未與其他元素化合而呈自然狀態如Au, Ag, Cu, Pt,

(2) 氧化礦石——金屬直接與氧化合或與氧及其他元素化合如 Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Cu_2O , $PbCO_3$, NiS , O_3

(3) 硫化物(或硫酸化合物)——與硫化合而無氧參入者如 FeS_2 , $CuFeS_2$, PbS , ZnS , 在此類中也包括含As, Sn, 礦石, 因為它們也與S化合如 $FeAsS$ 含S與氧者為硫酸化合物。

δ. 按照脈石(即礦石中除主要金屬外其他需要排除的雜質)

(1) 矽酸礦——含 SiO_2

(2) 鋁酸礦——含 Al_2O_3

(3) 石灰質礦——含 CaO , $CaCO_3$

(4) 含鐵質礦——含氧化鐵

5 熔劑——

熔劑是針對與脈石化學性相反的礦物，加入定量使在高溫時與脈石中和而成熔點比重小的爐渣以與金屬分開。它是火法冶金中的重要原料之一。

B 礦石處理——

出礦的礦石，一般均含脉石太多，不合冶煉規格，須行處理。處理方法是按照該礦石的物理特性和化學成分應用適當方法——多半是物理方法：

1. 初步處理——礦石經初碎，中碎及細磨並按以後交互情況分級。

2. 選礦

a. 選礦的意義——照礦石成份分為最基本的礦物，即將有價值的金屬礦物與脉石礦物彼此分開。

5. 選礦的要求

(1) 富集礦——精選的一部。

(2) 尾砂——含金屬極貧或無有的部份，可以棄置。

(3) 砂——含金屬在二者之間，故可磨細後加以精選

(4) 區別的選礦——從礦石分離為二種或多種富集礦

(5) 綜合選礦——從礦石分離為一種富集礦，如Pb與Ag合為一種，或它們的礦物的富集體。

6. 選礦的方法——按礦石中礦物的性質而異

(1) 手選——照礦物的顏色，光澤等性質的區分。

(2) 比重法——照有用礦物與脉石的比重不同而區分——主要方法。

(3) 磁力選礦——按礦物的磁性分開。

(4) 浮選礦——將細磨礦石粉與選礦藥劑混合放入水中通入空氣用力攪拌即生漂泡沫，大量硫化礦物即隨泡浮出。

Ⅳ 金屬的特性

金屬的性質很多，下面是它的重要性，也是和非金屬有顯著區別的特性：——

1. 金屬光澤

2. 導電性

3. 導熱性

4. 高韌性和強度的同時具有

5. 有自由運動的電子存在，決定電子的放射(以赤熱金屬放出電子)

6. 光電作用(即以紫外線照光後放出電子)

四. 冶金學的定義及範圍

1. 冶金是工業的一種，它是從礦石中獲得金屬，從金屬中提出雜質，從金屬作成合金並將金屬加工成標準的半成品或成品。

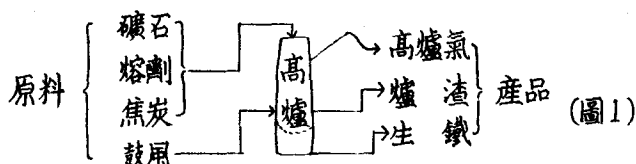
2. 冶金學是以科學原理為基礎，如機械，電機，物理，化學等。它研究礦石的富化過程，熔化和熔濾，精煉及鑄造，合金製造與加工。

第二章 鋼鐵生產的一般過程

1 煉鐵生產冶煉反應過程

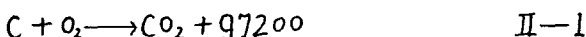
生鐵的生產是鋼鐵冶金的第一部也是最基本的一步因為其他的一切黑色金屬(除鐵合金外)都是用生鐵作原料的而生鐵本身又自有其廣大用途。

煉鐵在巨大的鼓風高爐中舉行。礦石中的氧化鐵被與風中的氧化合的焦炭所成的CO或直接由個體炭所還原而生成鐵礦中的脉石與加入的熔劑化合成渣遂得彼此分開以後按時由爐底部出鐵出渣。此外從爐頂部有大量的可燃氣體(高爐氣)流出是煉鐵的重要副產品。原料和產品可由下面表示：

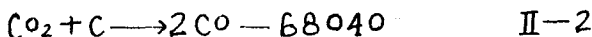


反應過程——從圖1可以看出原料與產品的化學成分完全不同這是因為在高爐中各部不同的條件下起了不同而複雜的化學反應所致。全部反應過程可分為下列幾項說明

a. C 與 O 的反應：熱風通常在 500°C 以上由風嘴打入立即和焦炭燃燒：



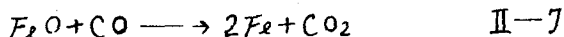
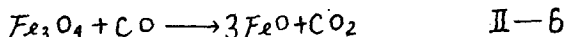
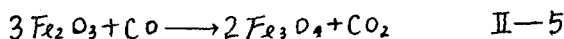
CO_2 上昇時與赤熱的炭相遇，不被還原

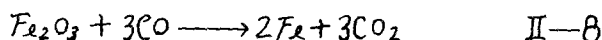


兩者的結果還是發熱反應： $2\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO} + 29160$ II-3

在上面較冷處還有炭黑的生成： $2\text{CO} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{C} + \Delta H$ II-4

b. 氧化鐵被 CO 還原在高爐中上面溫度較低處鐵的還原主要由 CO 完成：

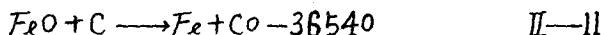
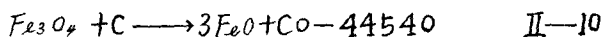




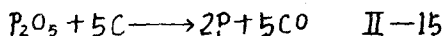
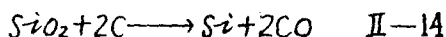
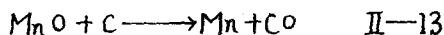
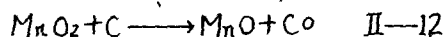
1. 熱炭直接還原氧化鐵：到了爐下部溫度較高處(450°—700°C)



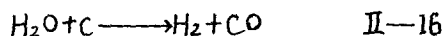
II—9



2. 非鐵氧化物被還原 = 在近爐腹處溫度很高，比氧化鐵更穩固的氧化物開始被熱炭還原：



9. 空氣中的少許水汽打入後也被熱炭還原：



從上面看來煉鐵過程主要是還原化學反應也稱還原熔煉。這些反應都是吸熱的：為了提高反應速度也須要適當地提高溫度。同時已還原的鐵和脉石與熔劑所成的渣都須熔化且須過熱這也是吸熱的因此我們須有足夠的燃料及熱風以供給必須的熱量和溫度。

上述的反應的進行是靠配料，風量，風壓和溫度的條件來決定的如果條件控制不好，不僅產品不合規格，還要出事故，這就說明了掌握物理化學的分析的重要性。

II 煉鋼生產

上面所得的生鐵是一個複雜的合金。幾種元素在高溫溶化時，它們一定按自然條件成合金的。按這個原則Fe, Mn, Si, P等在溶化時自然也成合金了——生鐵。煉鋼是將生鐵中所含過多雜質，用適當的氧化方法除去，而得有合適成份的產品，這就是鋼。

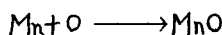
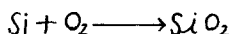
生鐵之所以能適當的氧化成鋼，也是根據下列的原則，即是合金中的元素，但被氧化後，除極少例外大都成了氧化物而脫離母體。

煉鋼的方法很多大都是以氧化為原則，茲將它們的方法與反應簡

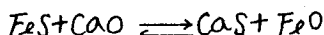
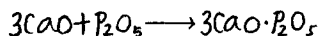
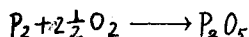
述於下：

9. 貝氏爐冶煉及反應過程

亦稱吹爐冶煉。此法將冷空氣鼓入盛於吹爐(轉爐)中的液體生鐵中氧氣立即與熔化的各元素接觸而起反應：

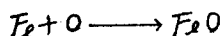


這些作用都不是可逆的反應是酸性吹爐中的主要反應但在碱性吹爐中除上述反應外還有以下的：

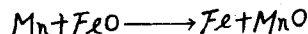
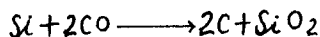
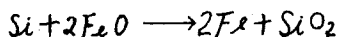


碱性吹爐法亦稱托馬斯爐冶煉法，主要是加入石灰作碱性熔劑，才能把P、S這些酸性氧化物去掉。

由於鼓風不能絕對準確，鋼液部會有過量的氧化(酸性碱性都一样)



這種FeO有溶入鋼液的特殊性質對於鋼的品質有很壞的影響因此出鋼後還要進行去氧的互作，即是加入強烈的還原劑如Si、Mn等



8. 平爐冶煉反應過程

平爐亦分酸性和碱性之別它們的反應過程也和上述的反應一樣，但和吹爐有以下不同的特徵：

1. 平爐冶煉所需的熱量是由外面氣體(或液體)燃料的燃燒而來，吹爐由內在元素氧化而來，因之平爐可用任何成分原料作業時較長反應較和緩易於從容控制，氧化也沒有吹爐急烈；

2. 在吹爐中氧直接和鋼水接觸，但在平爐中氧化焰與氧化劑鐵礦

是間接通過表面渣屑在與鋼水接觸。這個氧化劑以 FeO 方式先大量溶入渣中在分配入鋼水中。元素的氧化主要在渣鋼兩液相面進行如：

$Si + 2FeO \longrightarrow SiO_2 + 2Fe$, $Mn + FeO \longrightarrow MnO + Fe$, $C + FeO \longrightarrow CO + Fe$ 等；
(如吹爐中因有大量鐵存在可能還是先成 FeO 而非直接由 O_2 氧化各元素)

這裡就發生了 FeO 的分配問題，鋼液中 FeO 與被氧化元素的质量作用問題和反應速度問題等，這都和產品的質量有極大的關係。

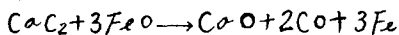
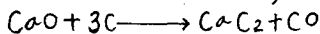
1. 電爐冶煉反應過程

電爐也分酸性和碱性兩種氧化反應與平爐相似，但電爐有它自己的特性：

1. 熱力完全由電流轉變，不用任何物質的燃燒，所以不僅氧化可以控制，且可封閉爐門使爐內（指碱性爐）變為還原氣氛，這是吹爐平爐辦不到的，這說明了電爐鋼不受氧化的優良品質。

2. 電爐只適合較輕微的氧化，多半僅由爐門進入的空氣即够了，氧化還是經渣的媒介，以達鋼水與平爐同，因此很少用含有大量雜質的生鐵作原料，一般用廢鋼或類似廢鋼的原料（平吹爐產品）裝爐再加精煉。

3. 在碱性電爐精煉時期（還原時期）中，我們去掉氧化渣，用石灰焦炭等物還原渣，渣中如有 FeO 即被還原淨盡，且在渣中生還原性極限的碳化鈣 CaC_2 ，後者不僅將鋼水中之 FeC 還原，且能積去硫。



這些優點也是前面兩法辦不到的。

總結起來，鋼鐵冶煉不外氧化與還原兩大類的反應，煉鐵是還原反應，煉鋼則是氧化反應，祇在碱性電爐煉鋼的後期精煉時才有還原作用（當然去氧也是還原作用）。

III 鋼鐵冶煉之特點

從上述的鋼要看來，鋼鐵冶煉的特點是：

a. 高温的產生——它需要達 1550°C 的高温

δ. 高温下的複雜化學反應——它們在氣體——金屬——爐渣間進行。

ε. 互作的連續性——熔化和還原

第三章 物理化學基礎

I 物質的狀態

冶金操作包含不同狀態的物質的相互作用(液固氣)。我們知道每種物質當外面條件(溫度、壓力)改變時能依次由一個狀態轉變為另一個狀態最後到第三種狀態。

每種狀態的物質具有一定的性質及遵行一定的規律。這些性質及規律的知識是規定各物質相互作用發展特性的條件之一。

1 氣 態

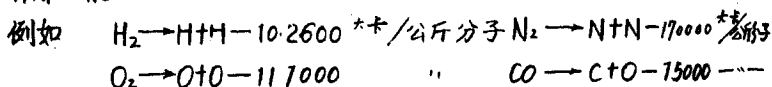
物質的氣體狀態是物質存在最簡單的形式。在這種情形下物質的質點能以原子狀態(O, H, N……)或(常是)分子狀態存在(O_2, H_2, N_2)。

氣體的分子是兩個同種原子在其軌道上共軌一對或兩對電子結合而成、通常比原子更不活潑。

兩原子的分子的結合力和兩原子核間的距離有關。它們的接近為原子核彼此作用時的斥力的生長所阻撓,可是原子核間距離的增加為原子的電子外層的相互作用所發生之吸引力所阻撓。

分子內原子核並不是不動的,它的位置依外界條件而變化,隨它們之間距離的增加而減少其作用力。溫度升高,增加原子核振動的速度及範圍降低了原子的電子外層的相互吸引力,在一定條件之下,使分子分解為原子。

分解需要由外界供給熱能,需要使分子結合瓦解的能量稱為分子解(解離)能



當氣體分子和固體物質的表面原子作用時可使氣體分子的分解變得更容易些及快些。表面能力的存在減少了分子內原子的結合,並使分子很快地分解成原子狀態。

氣體分子是在連續不規則的運動,彼此互相撞擊并與容器撞擊。

它和氣壁的撞擊就發生我們所謂的壓力之升高是分子撞碰數目增高。

氣體的動力論由下式決定氣體的狀態

$$Pv = \frac{1}{3} N m u^2$$

式中 N — 克分子量物質內的分子數

m — 氣體每一分子之質量

u — 氣體運動之平衡速度

根據此氣體動力論的基本方程式及理想氣體之溫度、壓力容積之關係 $Pv = NRT$ 可能計算氣體分子運動的平均速度因此（以一克分子氣體言）

$$Pv = RT \quad \text{及} \quad Pv = \frac{1}{3} N m u^2$$

$$\text{那麼} \quad RT = \frac{1}{3} N m u^2$$

$$\text{由是} \quad u^2 = \frac{3RT}{Nm}$$

Nm — 氣體的克分子數值上等於分子量 u

$$u^2 = \frac{3RT}{u}$$

$$u = \sqrt{\frac{3RT}{u}}$$

對於一定之氣體言 RT 是常數因此氣體運動速度與其絕對溫度之平方根成正比。

R = 氣體常數 = 0.8206 升·大氣壓/度·克分子 = 1.987

卡/度·克分子 = 8.32 × 10 焦耳/度·克分子。

茲決定溫度為 100 及 1000°C 時 Co 及 H_2 之分子運動速度

$$\textcircled{1} Co \text{ 在 } 100 \quad u = \sqrt{3 \times 8.32 \times 10^7 \times 373 / 28} = 57000 \text{ 公分/秒}$$

$$Co \text{ 在 } 1000 \quad u = \sqrt{3 \times 8.32 \times 10^7 \times 1273 / 28} = 106000 \text{ ———}$$

$$\textcircled{2} H_2 \text{ 在 } 100 \quad u = \sqrt{3 \times 8.32 \times 10^7 \times 373 / 2} = 215700 \text{ 公分/秒}$$

$$H_2 \text{ 在 } 1000 \quad u = \sqrt{3 \times 8.32 \times 10^7 \times 1273 / 2} = 281800 \text{ ———}$$

分子運動速度特別在高溫之下大大地超過冶金爐內氣體運動的速度。

在此處及其後應用 $Pv = NRT$ 於理想氣體。當應到一般氣體時由

於分子本身佔有容積及其相互間之吸引力存在應將此式作適當修正。

在有溫和氣壓下和氣體所佔容積相比可以損去分子的小容積和分子的動能相比可省去分子相互作用之能，則任何氣體可服從理想氣體定律。

如果我們有幾個氣體的混合物，那麼組成混合氣體的每個氣體的行為與其混合內的其他氣體無關。混合氣體內之行為決定於分壓定律。

氣體混合物之總壓力等於組成混合物氣體的各氣體的分壓力之和。

2 液 態

物質的液態是和其氣態不同的，因為：——

1) 液體的內能較小於與液體共存的气相質點的相當能；此差值於相當於蒸發熱 H_2O 液 $\rightarrow H_2O$ 氣 $\Delta H = -10501$ 卡/克分子

2) 液體分子的平均震幅小於氣體的

3) 假如液體是盛於比其容積大的器內，液體有一個限制它的表面

4) 液體比氣體緊密及比氣體不易壓縮。

5) 液體比氣體具有更高之粘度。

供給的熱能在於升高液體分子運動的內能運動最快的分子克服鄰近分子的吸引力，而向外飛散。如此就是液體的蒸發。

假如液體的蒸發進行於真空內，那麼它將進行一直到在一定溫度下達到一定數值的壓力，即在之壓力下飛出的分子與飛入的分子數目相等為止，在這種條件下近立了動平衡，此時蒸氣的壓力將是飽和蒸氣的壓力。

假如蒸發進行於有其他氣體佔聚的空間內，那麼液體之蒸發一直到它的蒸氣壓力達到它的飽和蒸氣壓力，這個壓力將是在液體上此混合氣體內蒸氣之分壓力。

液體的表面力和其內層相比較具有不同的性質。位於液體內部之分子受到各方面分子之吸引力。位於液體表面之分子，僅受到下面及其側面分子之吸引力。在上面並沒有受到吸引力。相互吸引力作用之合力量向下的，因此發生表面張力。