



2021 학년도 2 학기

화학공업과

화공양론

담당교수 : 김경호

제 2 주차 2차시



DIT 동의과학대학교
DONG-EUI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

[수업 목표]

1. 단위(UNIT) 및 단위 환산에 대해 학습해 봅시다.
2. 차원의 일관성 및 유효숫자에 대해 학습해 봅시다.

예제 2.2

나노기술

지난 10여 년 동안 나노미터 크기의 물질이 중점적 연구 대상이 되었는데, 이는 반도체, 의약품, 단백질 검출, 전자 분야의 잠재적 용도 때문이다. 나노기술(nanotechnology)은 이러한 작은 입자의 합성 및 응용을 지칭하는 일반 용어이다. 반도체의 예로서 입경(입자의 지름)이 1.8 nm인 ZnS를 들 수 있다. 이 값을 (a) 데시미터, (b) 인치 단위로 환산하라.

풀이

$$(a) \quad \frac{1.8 \text{ nm}}{1 \text{ nm}} \left| \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right| \frac{10 \text{ dm}}{1 \text{ m}} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ dm}$$

$$(b) \quad \frac{1.8 \text{ nm}}{1 \text{ nm}} \left| \frac{10^{-9} \text{ m}}{1 \text{ nm}} \right| \frac{39.37 \text{ in.}}{1 \text{ m}} = 7.1 \times 10^{-8} \text{ in.}$$

예제 2.3

생물학적 재료와 관련된 단위환산

생물학적 시스템에서 효소는 생물학적 반응속도를 가속시키는 데 사용된다. 글루코아밀라아제는 전분을 글루코스(세포가 에너지로 사용하는 당)로 변환하는 효소이다. 실험에서 4%의 전분용액에 글루코아밀라아제 $1 \mu\text{g mol}$ 을 넣었을 때 글루코스의 생성속도는 $0.6 \mu\text{g mol}/(\text{mL})(\text{min})$ 이다. 이 시스템에서 글루코스의 생성속도를 $\text{lb mol}/(\text{ft}^3)(\text{day})$ 단위로 변환하라.

풀이

문제에서 글루코스의 생성속도는 $0.6 \mu\text{g mol}/(\text{mL})(\text{min})$ 으로 알려졌다. 따라서 문제를 풀기 위해 이 값을 지정된 단위로 변환해야 한다.

$$\frac{0.6 \mu\text{g mol glucose}}{(\text{mL})(\text{min})} \left| \frac{1 \text{ g mol}}{10^6 \mu\text{g mol}} \right| \left| \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g mol}} \right| \left| \frac{1 \text{ L}}{3.531 \times 10^{-2} \text{ ft}^3} \right|$$

$$\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \left| \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ day}} \right| = 0.0539 \frac{\text{lb mol}}{(\text{ft}^3)(\text{day})}$$

문제풀이

예제 2.4

 lb_m 와 lb_f 의 환산

지상 100 ft 상공에 있는 100 lb짜리 드럼의 위치에너지를 (ft)(lb_f) 단위로 구하라.

풀이

먼저 문제를 잘 읽어 본다. 구해야 하는 양이 무엇인가? 위치에너지(PE)이다. 드럼의 질량과 높이를 알고 있다. 이러한 양은 어떤 관계가 있는가? 물리학을 공부해서 알겠지만 위치에너지는 다음과 같다.

$$\text{위치에너지} = PE = mgh$$

문제에서 100 lb는 100 lb_m 이다. 중력가속도 $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$ 이다. 이 계를 그림 E2.4처럼 나타낼 수 있다.

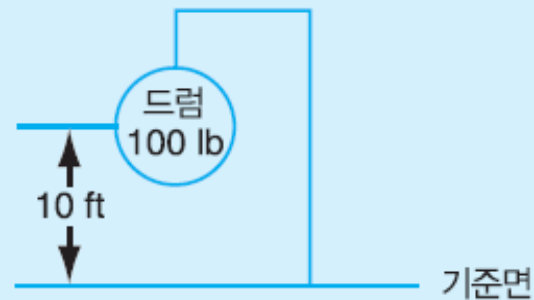


그림 E2.4



그림 E2.4

이제 변수의 값을 수식에 대입하고 단위를 환산한다.

$$PE = mgh = \frac{100 \text{ lb}_m}{\left| \frac{32.2 \text{ ft}}{\text{s}^2} \right|} \left| \frac{10 \text{ ft}}{1} \right| \frac{(\text{s}^2)(\text{lb}_f)}{32.174 (\text{ft})(\text{lb}_m)} = 1000 (\text{ft})(\text{lb}_f)$$

32.2 ft/s²을 32.174 [(ft)(lb_m)]/[(s²)(lb_f)]로 나눈 값의 수치는 1이나 마찬가지이다. 이러한 내용을 알지 못하는 기술자는 단순히 100 lb × 10 ft = 1000 (ft)(lb)로 계산하지만, 실제로는 g/g_c의 수치를 소거한 것이므로 이 답 중의 lb는 질량이 아니라 lb_f이다.

예제 2.5

차원 일관성

편람을 찾아보면 마이크로칩 식각(etching)에 다음 관계를 적용할 수 있다.

$$d = 16.2 - 16.2e^{-0.021t} \quad t < 200$$

d = 식각 깊이(μm)

t = 식각 시간(s)

상수 16.2와 0.021의 단위를 구하라. 또한 d 를 in. 단위, t 를 min 단위로 나타내어 관계식을 변환하라.

▶풀이

식을 살펴보면 오른쪽 항의 단위가 왼쪽 항인 d 의 단위와 같아야 한다. 상수 16.2의 단위는 둘 다 μm 이다. 지수는 무차원이므로 0.021의 단위는 s^{-1} 이라야 한다. 수식을 변환하려면 이 책의 속표지에서 적절한 환산계수를 찾아서 $16.2 \mu\text{m}$ 를 in.로, 0.021 s^{-1} 를 min^{-1} 로 환산하면 된다.

$$d(\text{in.}) = \frac{16.2 \mu\text{m}}{10^6 \mu\text{m}} \left| \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ in.}} \right| \left[1 - \exp \frac{-0.021}{\text{s}} \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| t(\text{min}) \right]$$

$$d(\text{in.}) = 6.38 \times 10^{-4} (1 - e^{-1.26t(\text{min})})$$

문제풀이

예제 2.6

방정식의 차원 일관성

다음 식은 원관을 통과하는 흐름 때문에 원관 길이(L)에 따른 압력강하(Δp) 계산을 제안한 식이다. 이 식에서 차원의 일관성을 결정하라.

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \left(\frac{L}{D} \right) f$$

여기서 ρ 는 원관을 통과하는 유체의 평균유속, D 는 원관의 지름, f 는 레이놀즈 수의 함수로 마찰인자라고 부르는 무차원 상수이다.

▶ 풀이

식의 각 항에 적절하도록 SI 단위를 치환해 보자. 표 2.1에서 보듯이 압력은 단위면적당 힘이다. Δp 의 단위는 무엇인가?

$$\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{(\text{kg})(\text{m})}{\text{s}^2} \bigg|_{\text{m}^2} \rightarrow \frac{\text{kg}}{(\text{s}^2)(\text{m})}$$

위 식 오른편의 알짜 단위는 무엇인가?

$$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \left| \frac{\text{m}}{\text{m}} \right| \rightarrow \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

그러므로 식 왼편의 단위와 오른편의 단위가 일치하지 않기 때문에 식의 차원 일관성이 없다. 검토해보면 식의 오른편에 밀도가 누락되었음을 알 수 있다. 즉 이 식은 다음과 같이 되어야 한다.

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \left(\frac{L}{D}\right) f$$

이러한 수정으로 오른편에 있는 단위가 다음과 같이 된다.

$$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \left| \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right| \frac{\text{m}}{\text{m}} \rightarrow \frac{\text{kg}}{(\text{s}^2)(\text{m})}$$

그러므로 밀도가 포함된다면 이 식의 차원이 일치한다.

문제풀이

표 2.5 유효숫자의 예

숫자	과학적 표기법	유효숫자의 수
12.44	1.244×10^1	4
53000	5.3×10^4	2
53000.	5.3000×10^4	5*
53000.0	5.30000×10^4	6
0.00034	3.4×10^{-4}	2
0.000340	3.40×10^{-4}	3**

* 위 줄과 비교하여 소수점이 존재함을 확인했는가?

** 마지막 줄이 바로 위의 줄과 어떻게 다른가? 오른쪽 0은 첨가한 것이 아니라 원래 존재했다.

예제 2.7

유효숫자의 유지

22,400 kg에서 20,100 kg을 빼면 답은 2300 kg으로 유효숫자가 넷이다. 그런가?

> 풀이

22,400, 20,100, 2300은 모두 소수점이 없다. 22,400과 20,100의 유효숫자는 몇인가? 과학적 표현으로부터 유효숫자는 셋이라는 결론을 내릴 수 있다.

$$\begin{array}{r} 2.24 \times 10^4 \text{ kg} \\ -2.01 \times 10^4 \text{ kg} \\ \hline 0.23 \times 10^4 \text{ kg} \end{array}$$

첫 2개의 숫자가 3개의 유효숫자를 가졌지만 결과는 2개의 유효숫자이다. 반면에 각 수치에 소수점이 있어서 각각 22,400.과 20,100.이고 마지막 0이 유효숫자라면 답인 2300.의 유효숫자는 4개이다.

문제풀이

예제 2.8

DNA의 정밀분석

담체층에서의 신장배치법을 사용하여 정전기적으로 배열된 DNA 가닥을 얻을 수 있다. 이러한 정밀 분석에 사용되는 기구는 희생층, DNA 담체층, 한 쌍의 전극을 담은 유리 기판으로 되어 있다. DNA를 정전기적으로 신장하여 담체층에 고정화하는데, DNA 분자의 한끝이 전극 끝에 배치되도록 한다. 스타일러스(stylus)를 칼로 사용하여 두 층을 통해 원하는 DNA 부분을 절단한다. 희생층을 용해하고 담체층 위의 DNA 조각을 막여과기로 회수한다. 이어서 담체를 녹이면 용액 중에 DNA 조각이 들어 있게 된다.

DNA를 48 kb의 길이만큼 신장하고 $3\ \mu\text{m}$ 만큼 절단한다면 이 DNA 조각에 들어 있는 염기쌍(bp)은 몇 개나 되겠는가? 1 kb는 1000 bp이고, $3\ \text{kb} = 1\ \mu\text{m}$ 이다.

문제풀이

(bp)은 몇 개나 되겠는가? 1 kb는 1000 bp이고, 3 kb = 1 μ m이다.

> 풀이

단위를 환산하면 다음과 같다.

$$\frac{3 \mu\text{m}}{1 \mu\text{m}} \left| \frac{3 \text{ kb}}{1 \mu\text{m}} \right| \frac{1000 \text{ bp}}{1 \text{ kb}} = 9000 \text{ bp}$$

그러나 제대로 측정할 경우 DNA 조각 중의 분자 수는 유효숫자 3이나 4까지 측정할 수 있고, 절단한 3 μ m는 적정하게 측정된다면 유효숫자가 하나 이상이라 할 수 있으므로, 9000이라는 값의 정확도가 계산값보다 사실상 좋아질 것이다.

대부분의 생명체는 DNA(deoxyribonucleic acid)를 포함하며, 이는 유전정보를 저장하는 분자이다. DNA는 일련의 뉴클레오티드로 구성되어 있다(그림 E2.8a). 각각의 뉴클레오티드는 다음과 같이 그것에 포함된 염기의 약자로 표시된다. A(아데닌), C(시토신), G(구아닌), T(티민). 그림 2.8b는 각 염기의 2차원 구성을 보여 준다. 세포 안에 있는 DNA의 가장 흔한 형태는 그림 2.8c와 같이 매우 긴 2개의 당(S)과 인(P) 분자가 형성한 2개의 꼬인 체인인 이중 나선형 구조가 염기에 의해 함께 묶여 있는 것이다. 또한 DNA는 여기서 제시하지 않은 다른 형태를 취할 수도 있다.

이번 주 2차시 수업은
여기서 마치도록 하겠습니다...
수고 많으셨습니다...^^

감사합니다

