

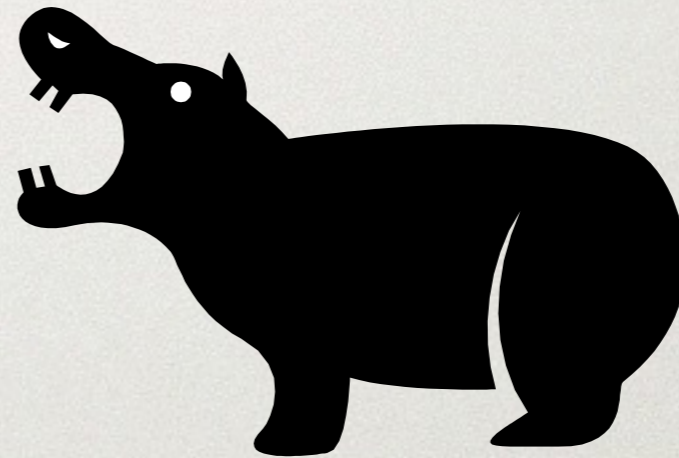
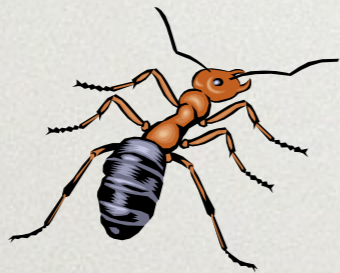
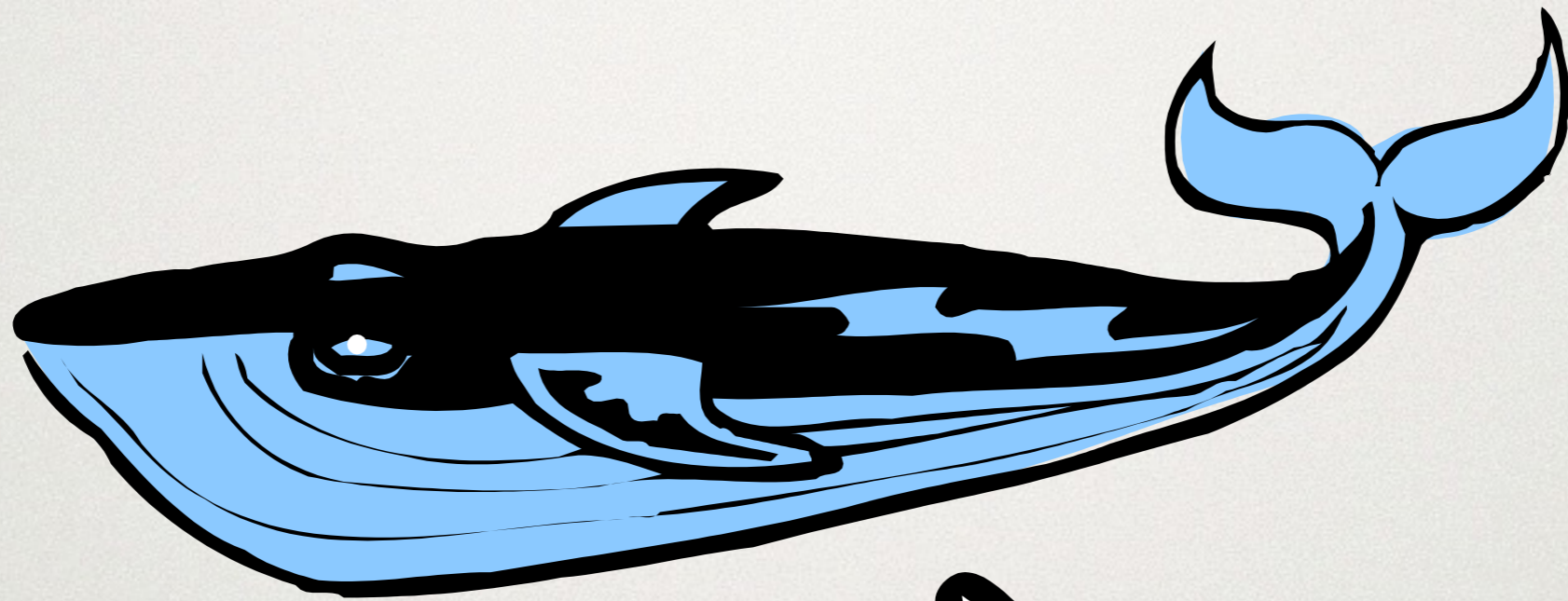
미시세계와 거시세계
2. 개미와 고래
“크기 속의 과학”

유재준

서울대 물리천문학부
jyu@snu.ac.kr

2016/2학기

개미와 고래??



- 왜 각각 다른 모양을 하고 있을까?
- 공통점과 차이점은?

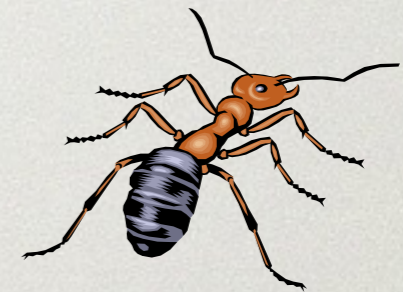
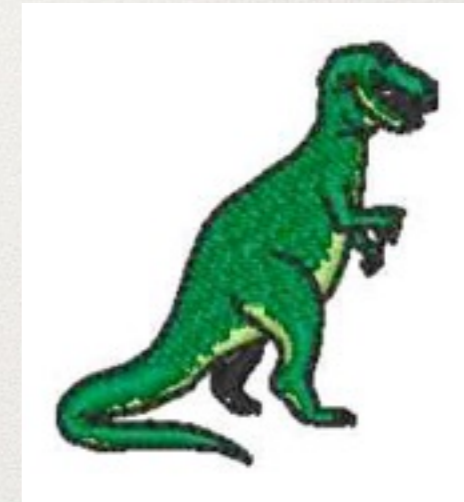
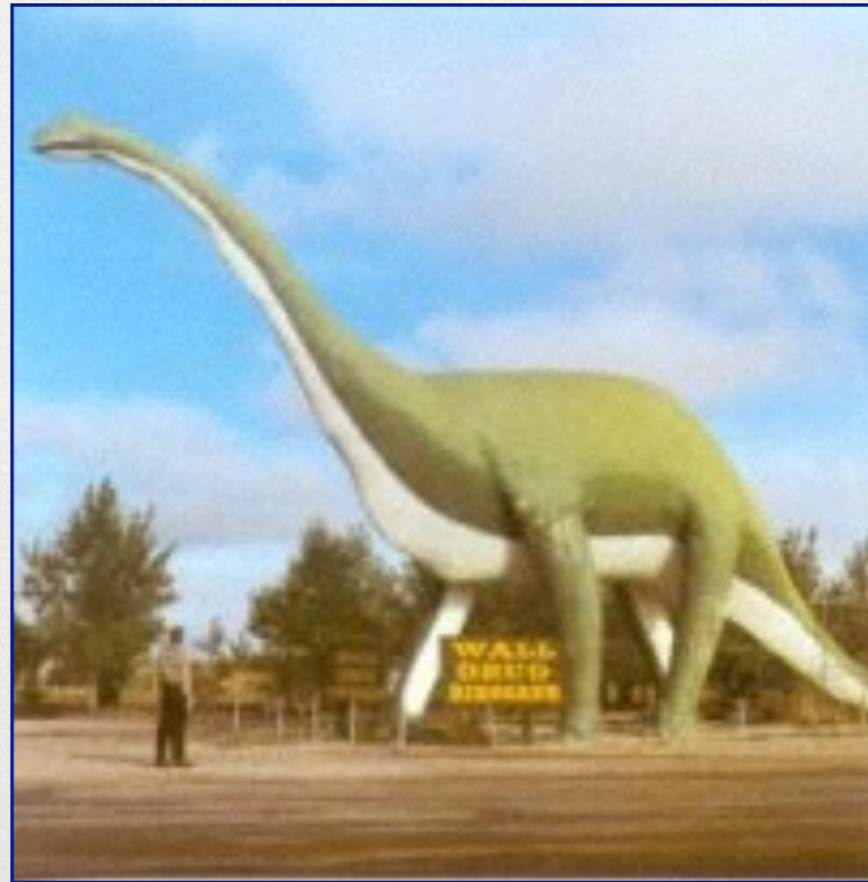
고래만한 개미가 있을 수 있을까?



Starship Troopers (1997)

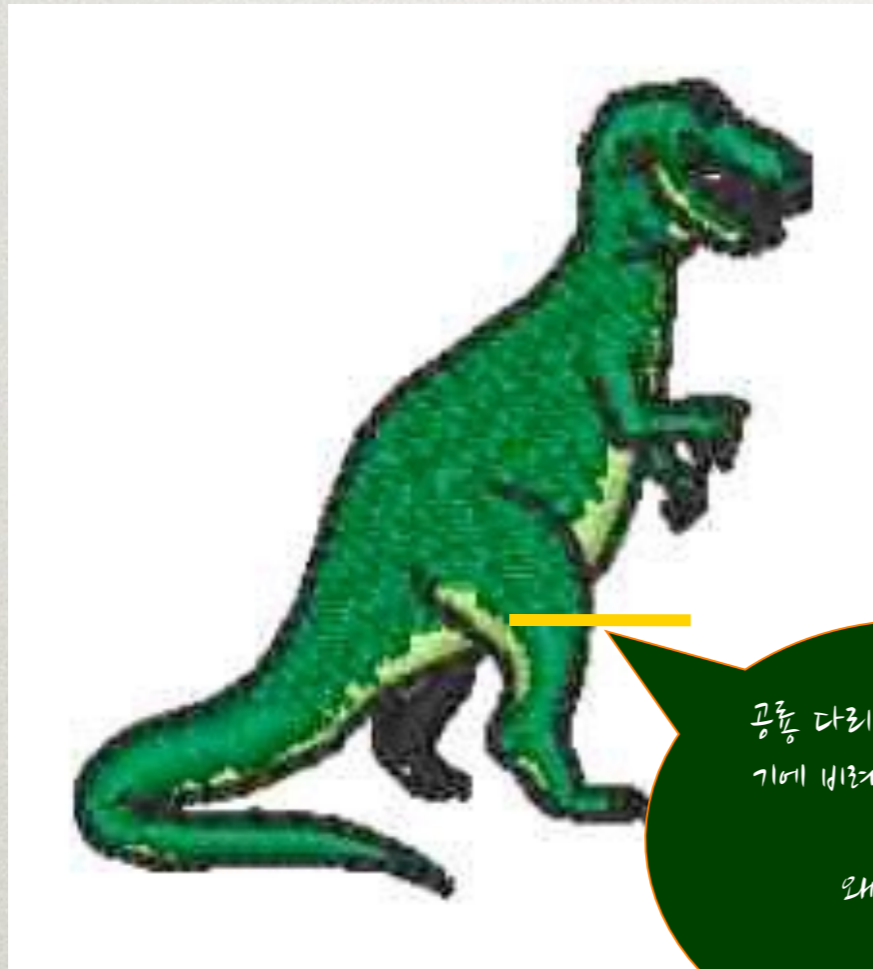


거대한 공룡은 어떤 모양이었을까?



공룡과 개미의 모양에서 볼 수 있는 차이점은?

공룡과 개미의 다리 굵기는?



공룡 다리 굵기는 몸집의 크기에 비례(?)해 커져야 한다.
왜 그럴까?



Galileo's Square-Cube Law

- Square-Cube Law
- The stress s at the bottom of each cube = its weight divided by the area:



$$s = F/A$$

$$F = mg = \rho V g$$

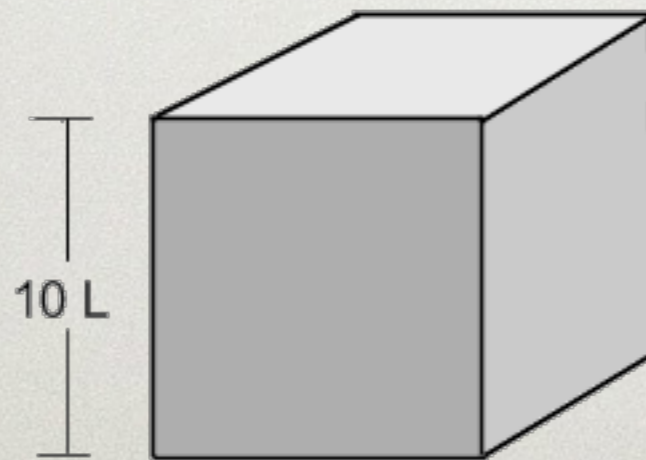
$$V = L^3$$

$$A = L^2$$

$$s = \rho g L$$



Cube A



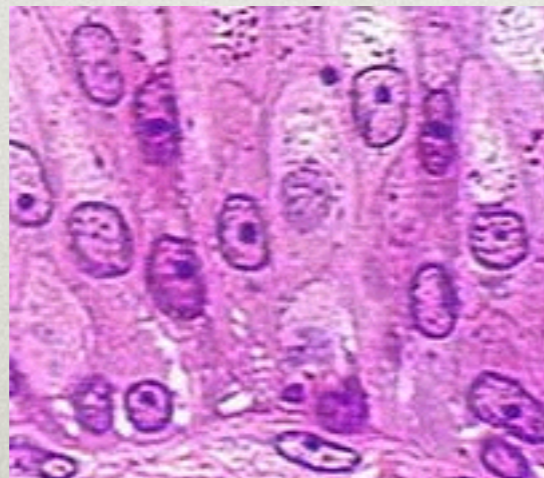
Cube B

Material	Tensile Strength (MN/m ²)	Compressive Strength (MN/m ²)
Steel	500	500
Concrete	2	20
Nylon	75	--
Bone (limb)	130	170



Effect of the Surface–Area–to–Volume Ratio

- The surface–area– to–volume ratio: affects the rates of chemical reactions, diffusion rates, the rate of heat loss, and many other phenomena



Material	Thermal Conductivity (W/m*K)
Aluminum	200
Steel	20
Glass	1.1
Concrete	0.84
Human Tissue	0.2
Styrofoam	0.025



Klieber's Law

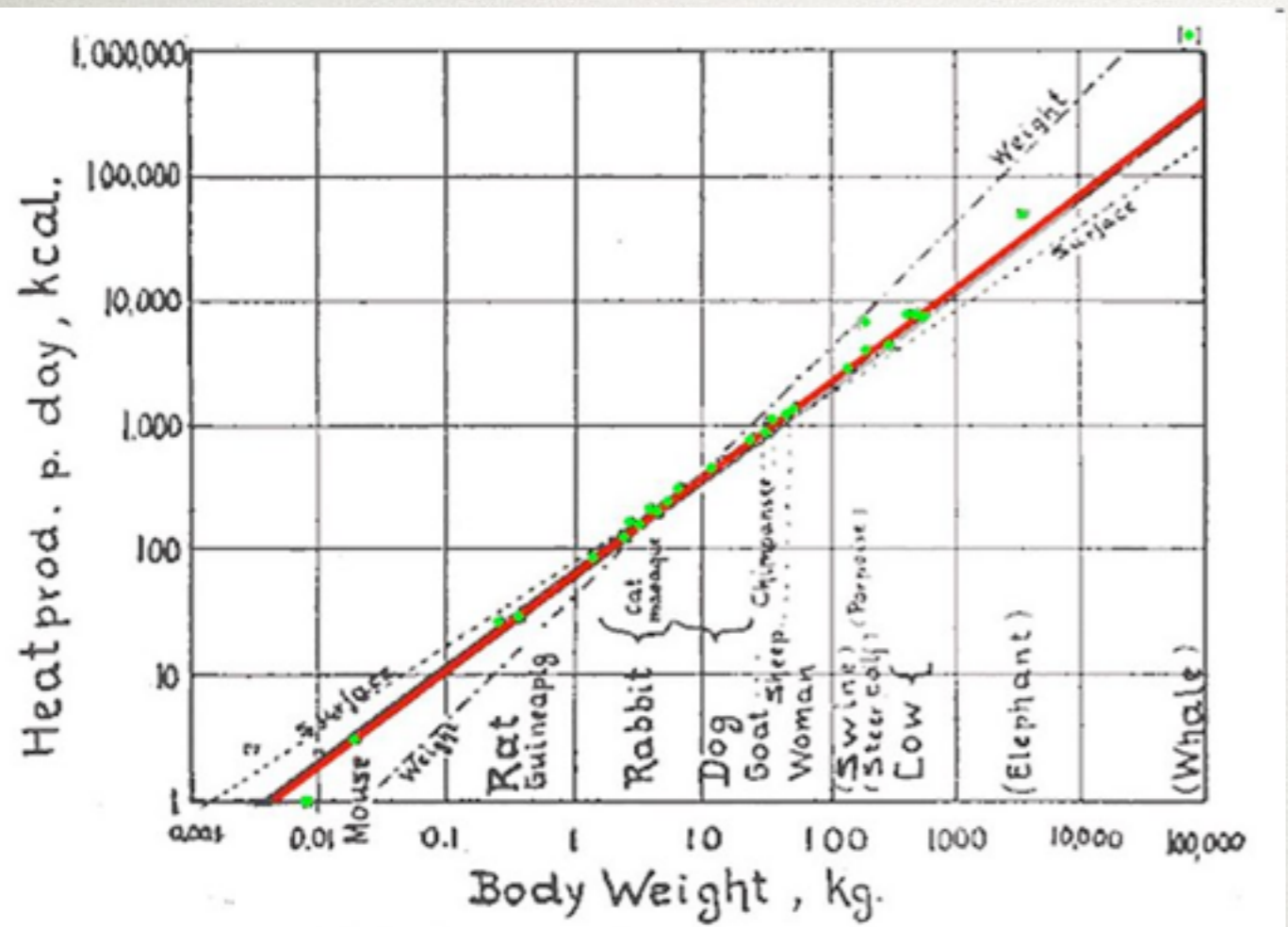
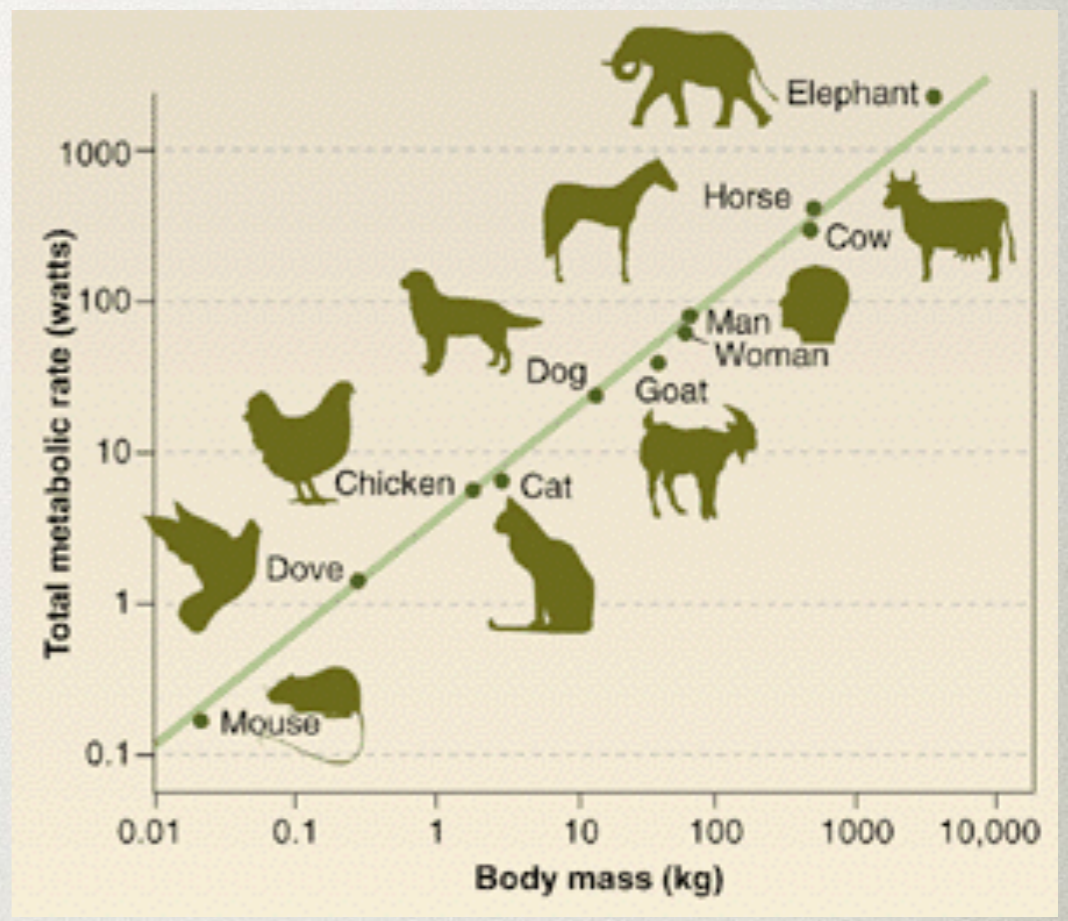


Fig. 1. Log. metabol. rate/log body weight



K. SCHMIDT-NIELSEN, SCALING: WHY IS ANIMAL SIZE SO IMPORTANT?

Kleiber M (1947). "Body size and metabolic rate". *Physiological Reviews* 27 (4): 511–541. [PMID 20267758](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20267758/)



Scaling Law???

- 몸무게 (질량) = 밀도 \times 부피

- 질량: $M = \rho V = \rho L^3$

- 다리의 단면적: $A = L^2$

- 만일 다리의 버티는 힘이 단면적에 비례한다고 가정하면,

- 힘: $F = \alpha A = \alpha L^2$

- 가속도 = 힘/질량 = $a = F/M = (\alpha/\rho)/L$

- 크기가 클수록 다리로 버티는 힘에 의한 가속도는 $\rightarrow 0$ 으로 작아진다.



$$F = m a$$

This is certainly the most familiar equation
in all of Physics.

Perhaps it is the most important.

$$F = m a$$

forms the basis of all of Mechanics.

그렇다면 이 세상에 존재하는 큰 동물은 어떻게 움직일 수 있는 것일까?

- 다리의 단면적을 몸집에 비해 크게 만든다.
 - 몸을 지탱하기 위한 공룡의 다리는 거의 몸집 크기만한 크기를 유지해야 한다.
- 몸 전체를 다리로 만들어 버린다.
 - 물 속으로 들어가 몸 전체를 다리처럼 사용한다.
- 아니면, ...

이제 고래만하게 커진 개미를 상상해 보자...

- 어떤 모양을 갖는 것이 가장 효율적인 “왕” 개미의 모습일까?
- 반대로 고래가 개미만하게 작아진다면 어떨까?
- 사람이 피 속의 “적혈구” 크기로 변한다면 어떤 모양을 갖게 될까?
- 마찬가지로 자전거를 “적혈구” 크기로 작게 만든다면 어떻게 만들어야 할까?