


# Bezobratlí v neuroetologii


Martin Vácha



# Bezobratlí v neuroetologii

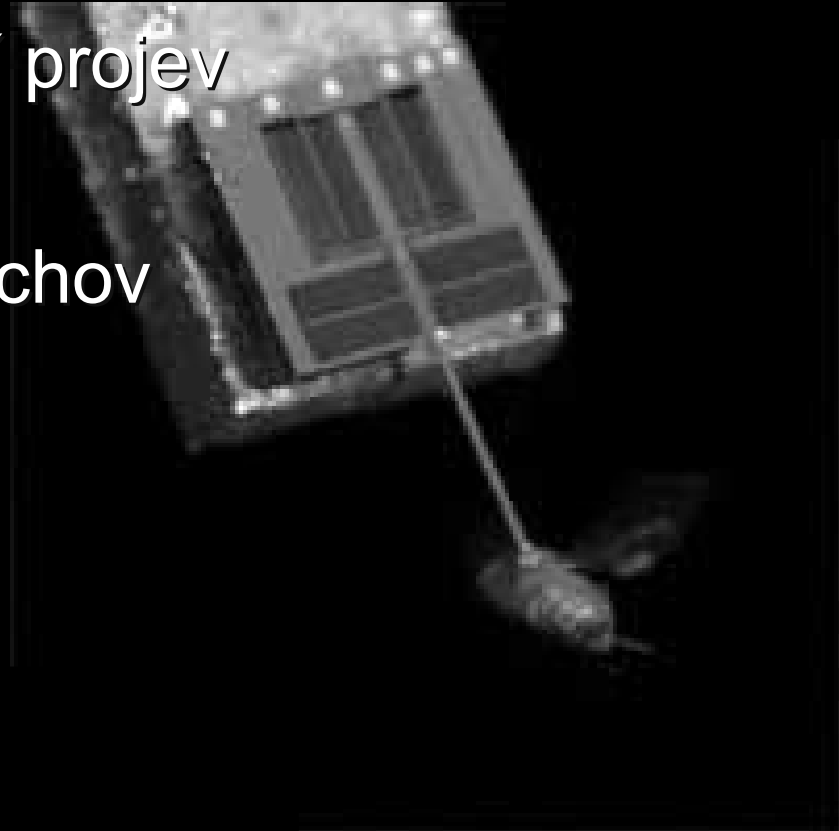
- A) Bezobratlí jako model neuroetologických experimentů
  - B) Podmiňování jako klíč k funkcím NS a smyslů
  - C) Magnetorecepce hmyzu
- 

# Neuroetologie (behaviorální neurobiologie):

- Syntéza etologie a neurobiologie (60.I)
  - Neurální podstata chování
  - Nástroj řešení otázek neurofyzologie
- 

## A) Bezobratlí v neuroetologii:

- Jednoduchý, snadno přístupný nervový systém
- „Robustní“ behaviorální projev
- Laboratorní podmínky
- Snadný, levný a rychlý chov
- Mutantní linie

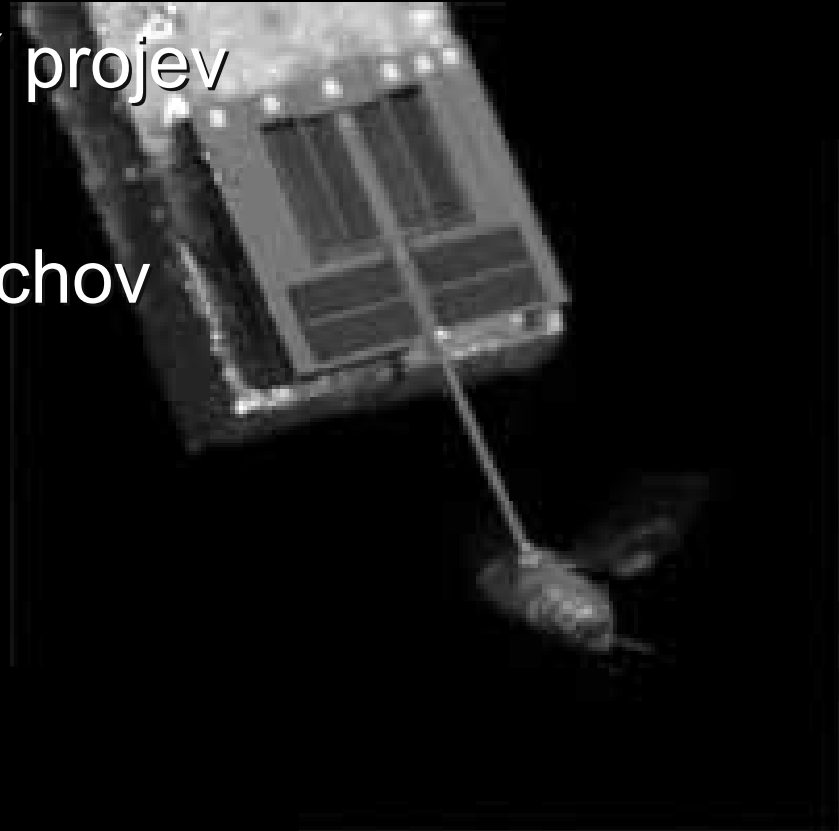


## Bezobratlí v neuroetologii:

- Jednoduchý, snadno přístupný nervový systém
- „Robustní“ behaviorální projev
- Laboratorní podmínky
- Snadný, levný a rychlý chov
- Mutantní linie

=

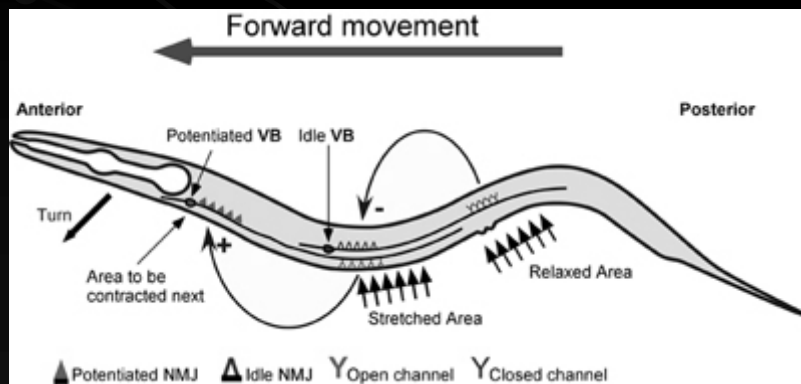
- Mimořádný význam



# Bezobratlí v neuroetologii:

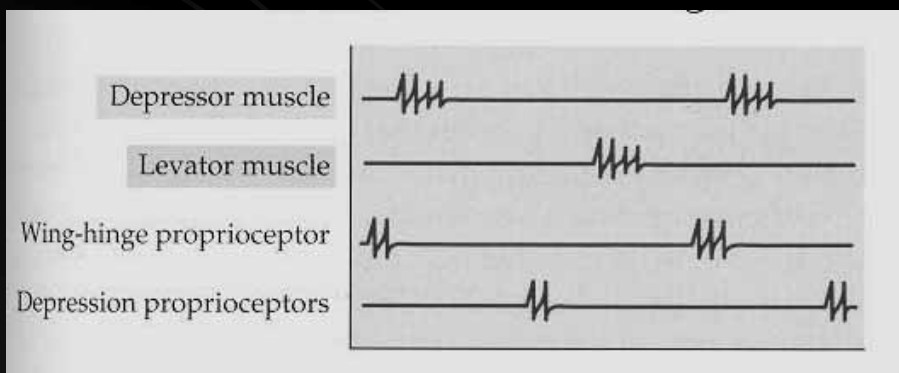
- Sensomotorické reflexy

**Caenorhabditis elegans (hádčátko)**



# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence

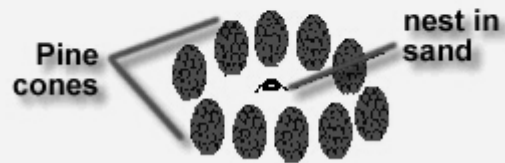


**Clione limacina** (valovka plžovitá)  
„Sea angel“

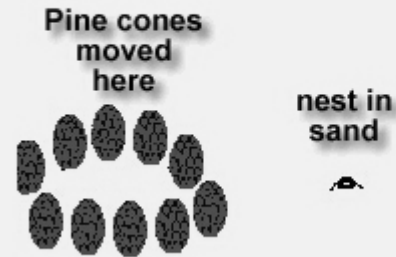
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace

## Training conditions



## Testing conditions



N. Tinbergen  
Nobelova cena 1973

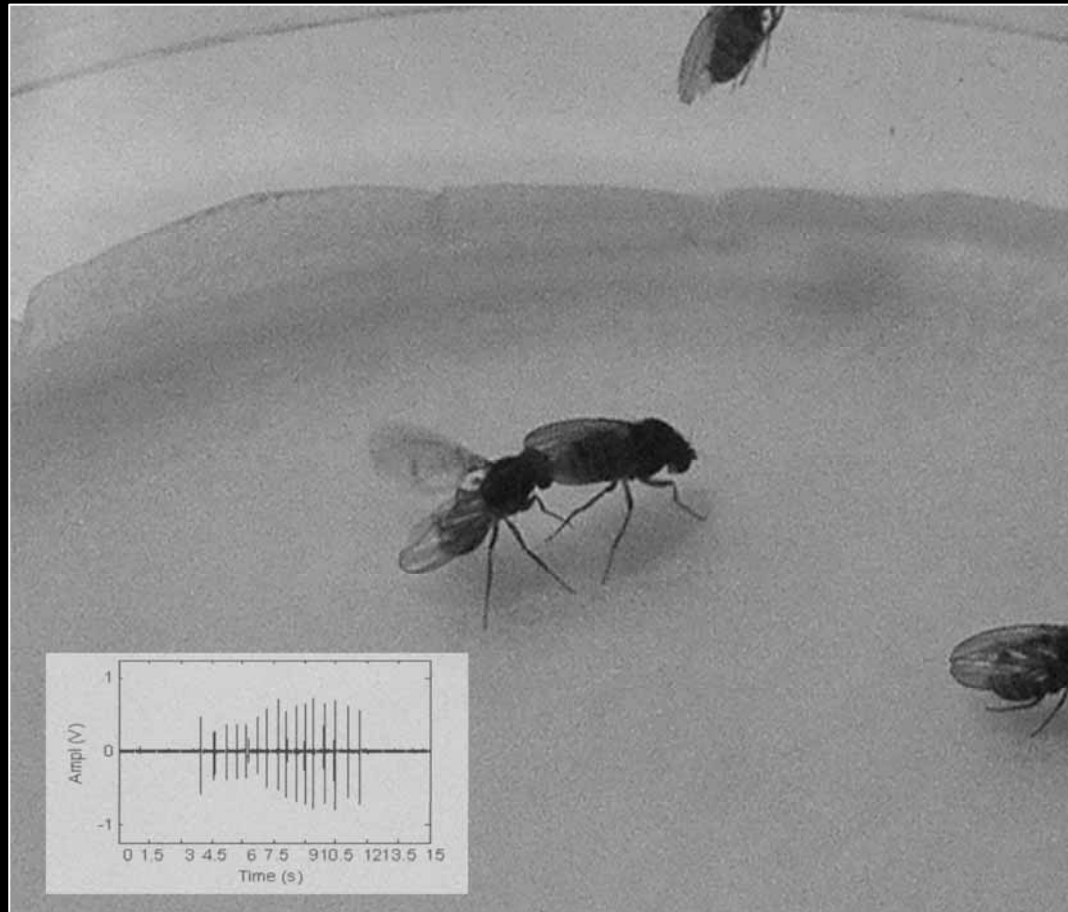


*Philanthus triangulum*



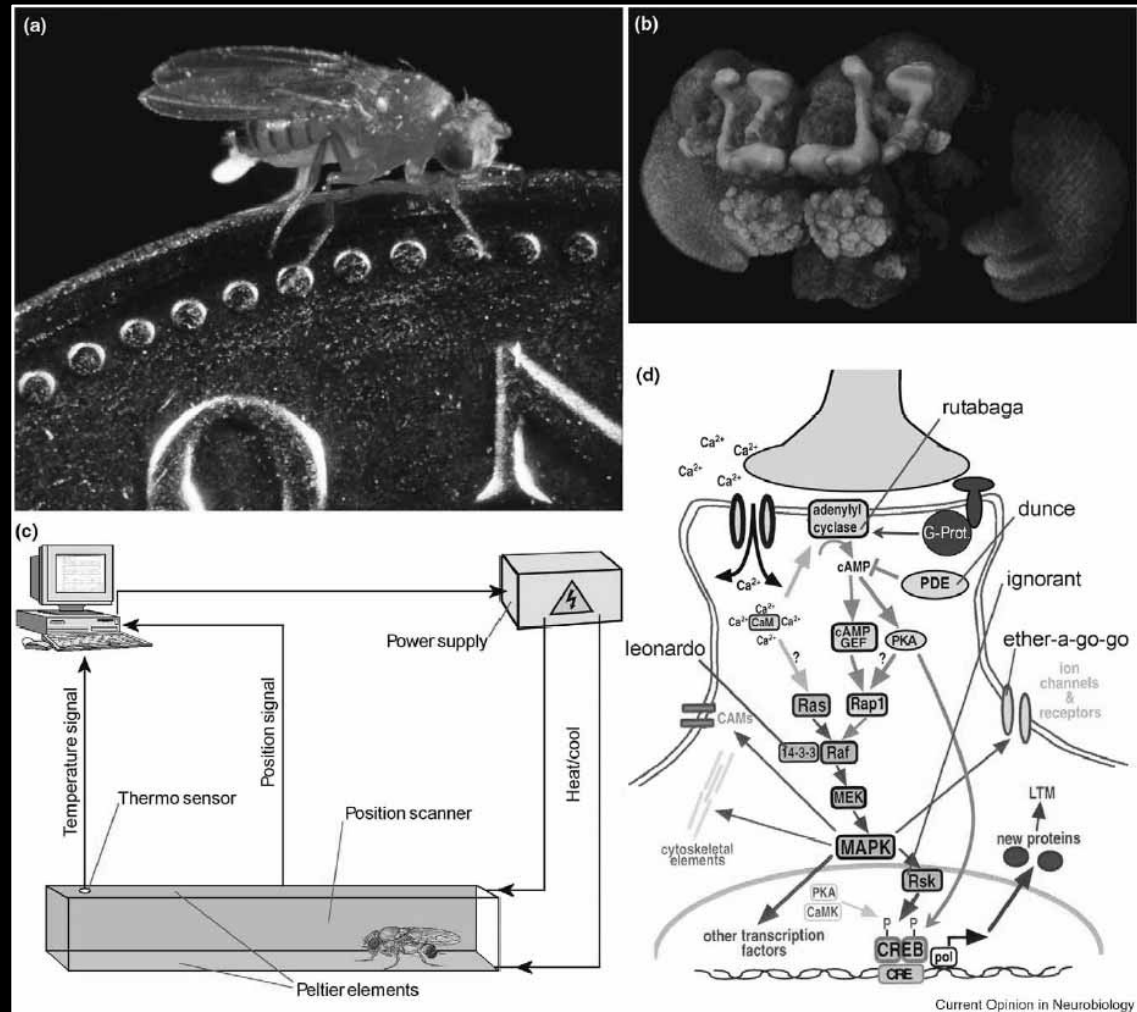
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace



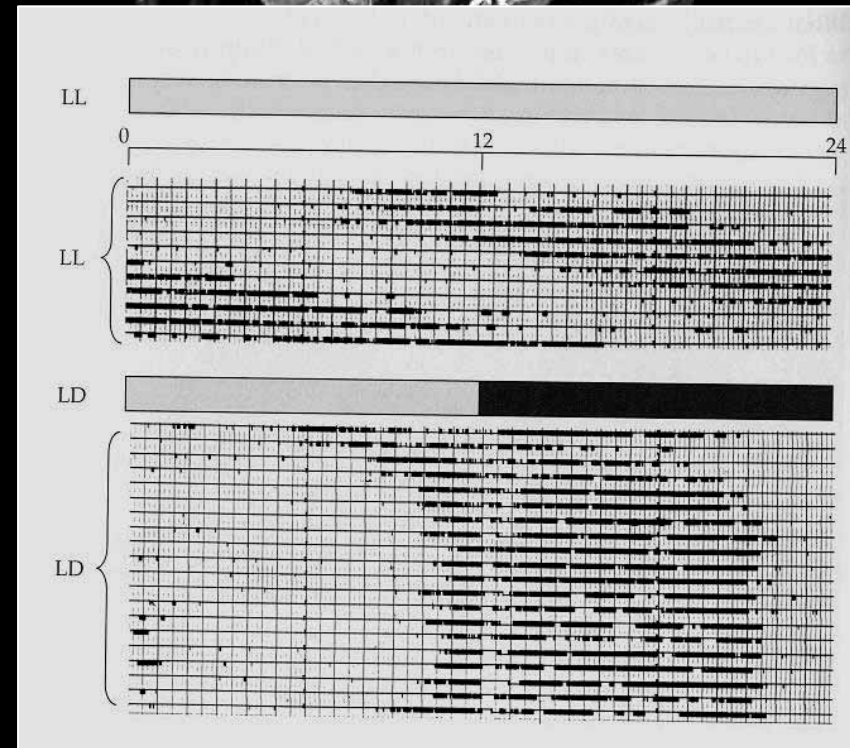
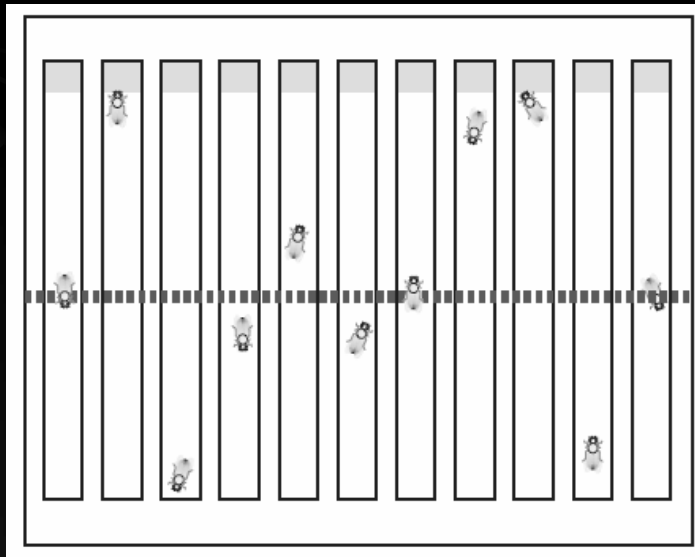
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť



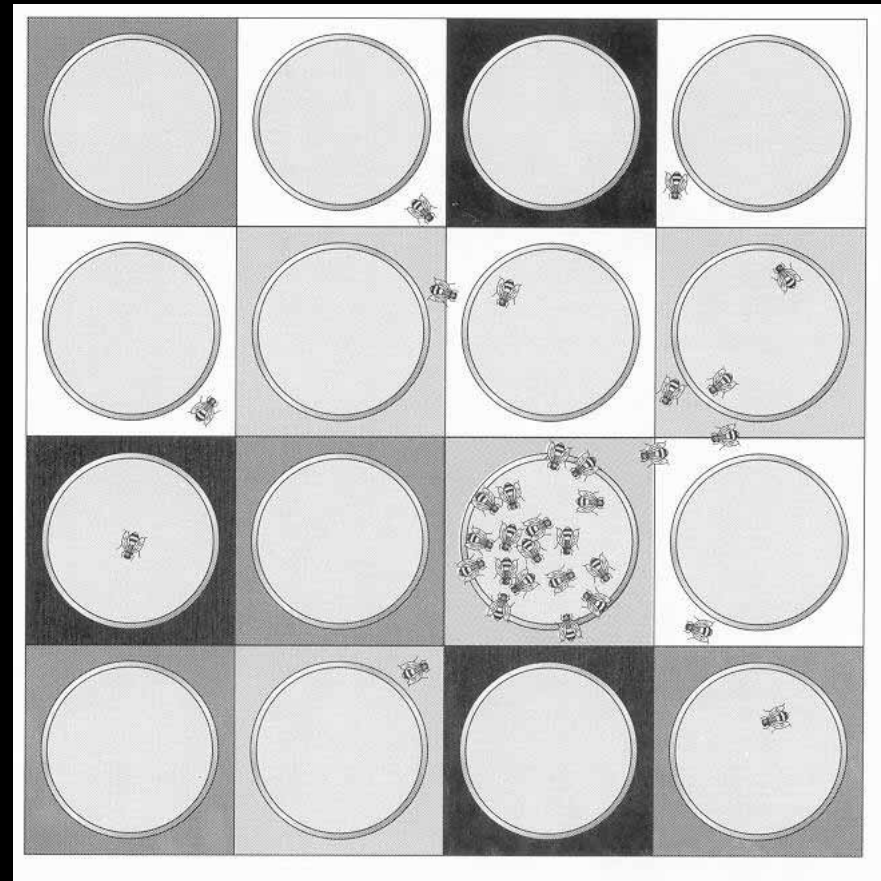
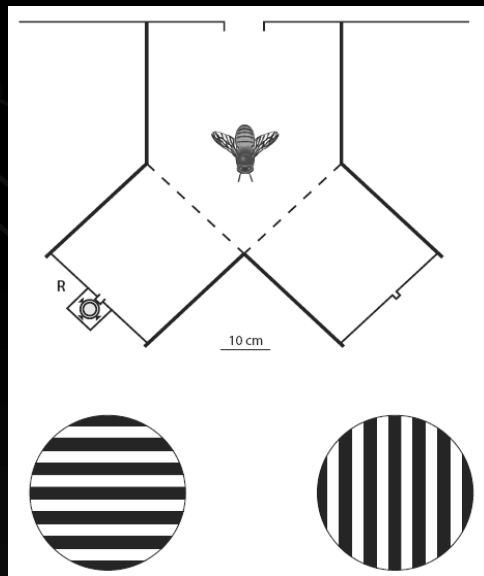
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy



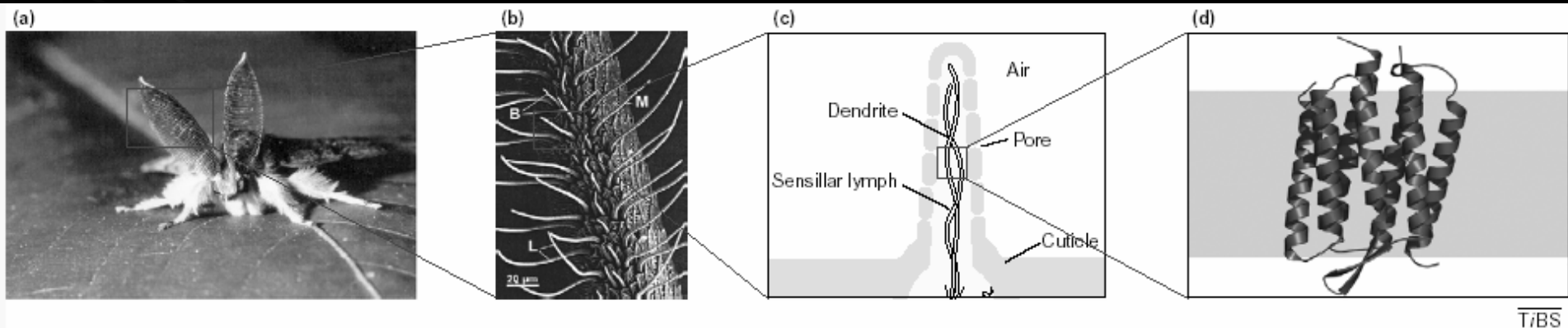
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti



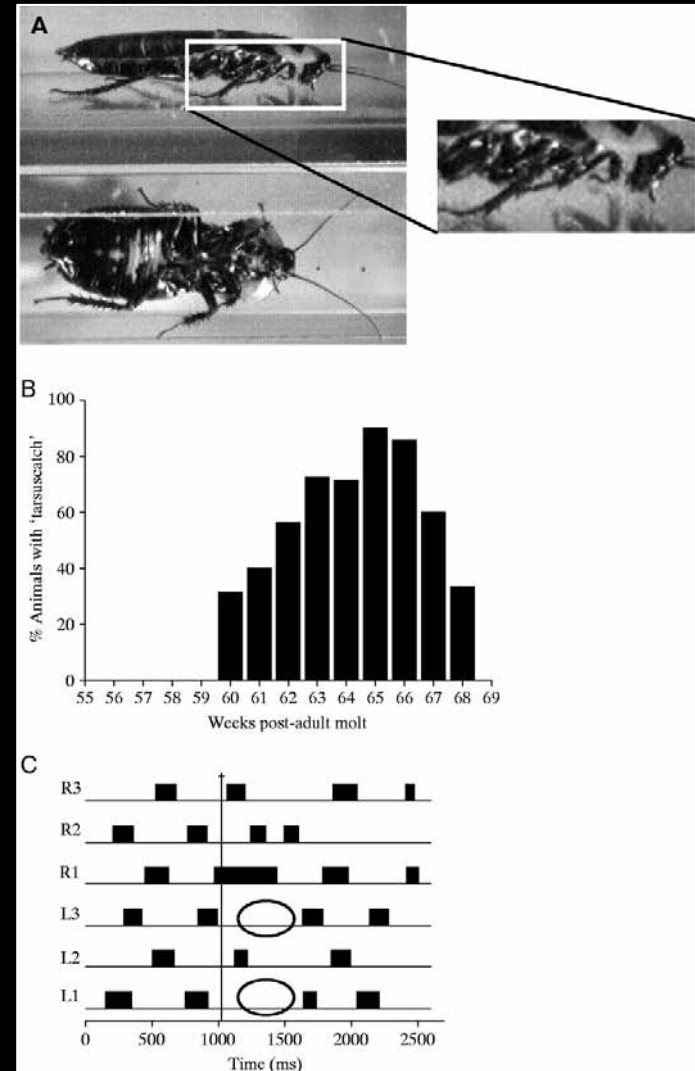
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti



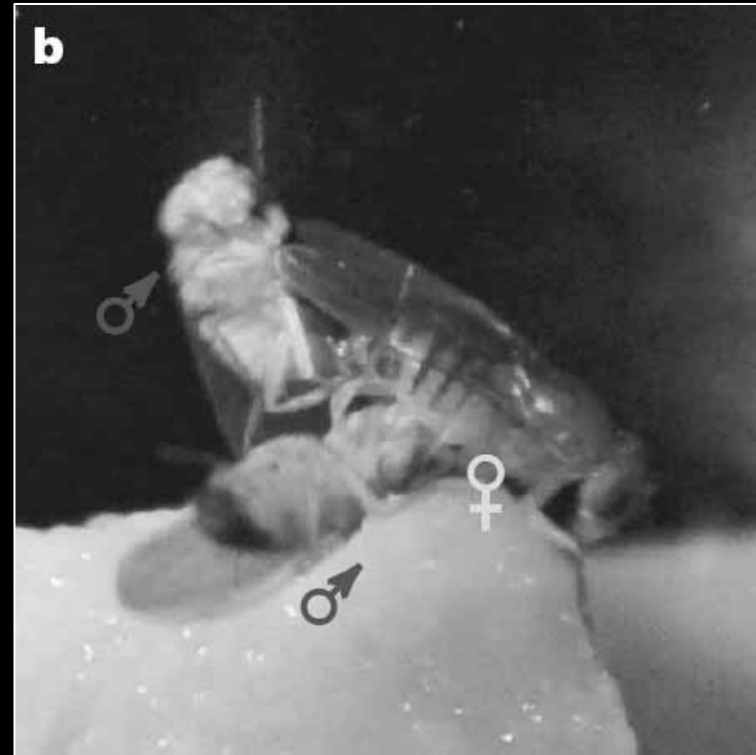
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti a dráhy
- Stárnutí



## Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace



## Bezobratlí v neuroetologii:

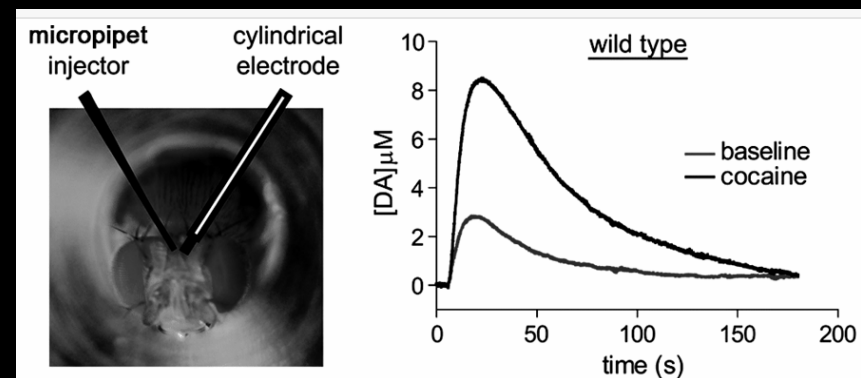
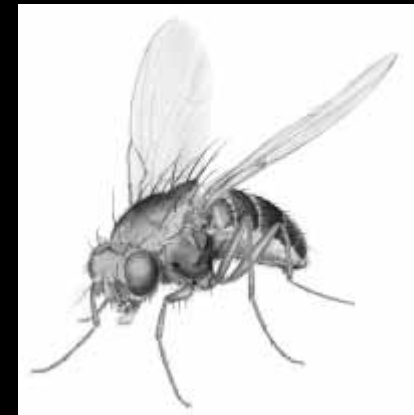
- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita





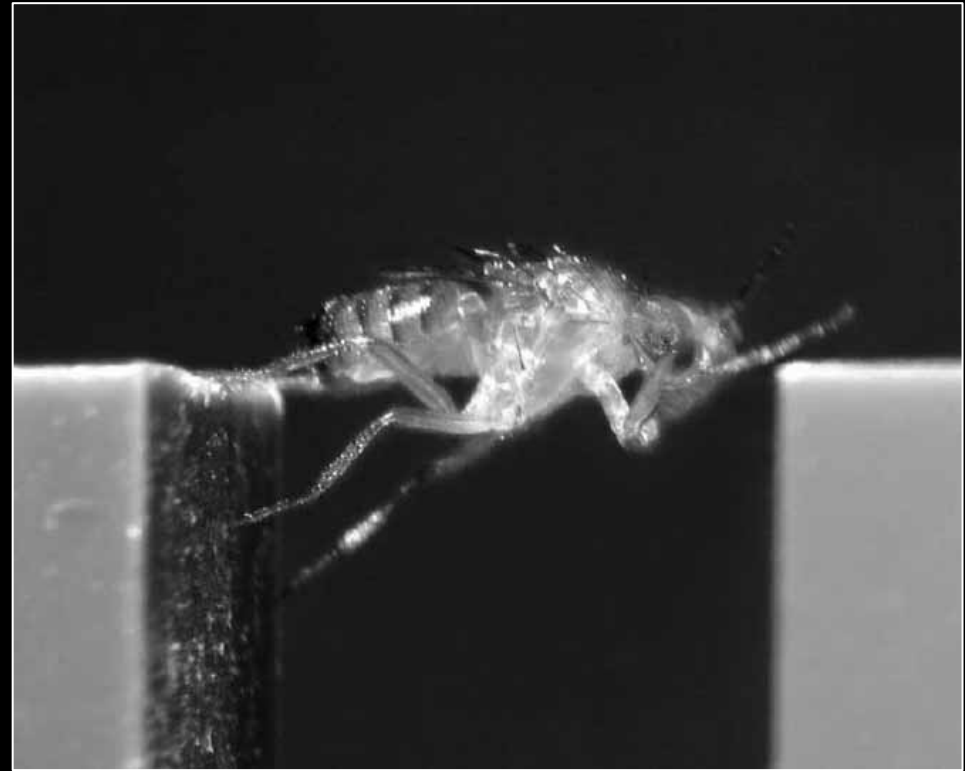
# Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti a dráhy
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita
- Působení drog a farmak



## Bezobratlí v neuroetologii:

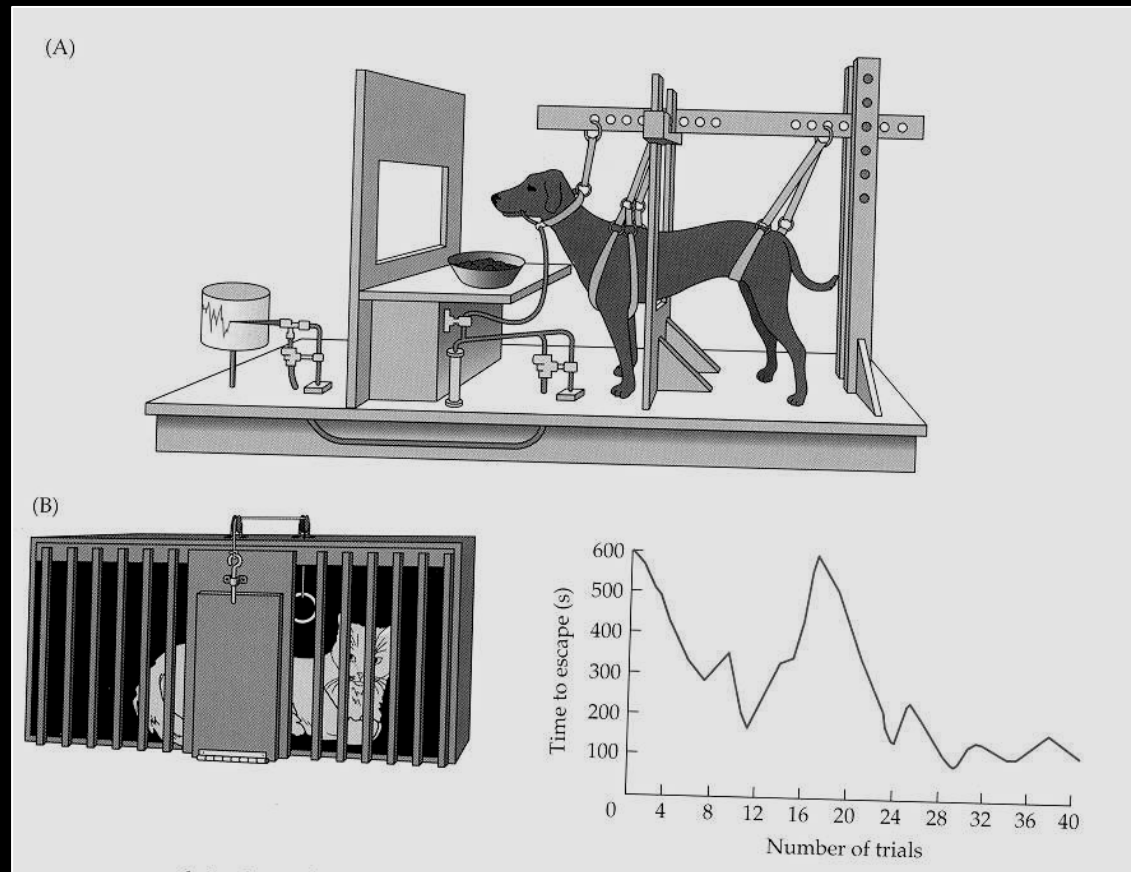
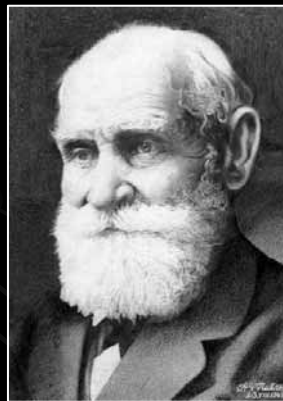
- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita
- Působení drog a farmak
- Ochota riskovat, emoce atd...



# B) Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů

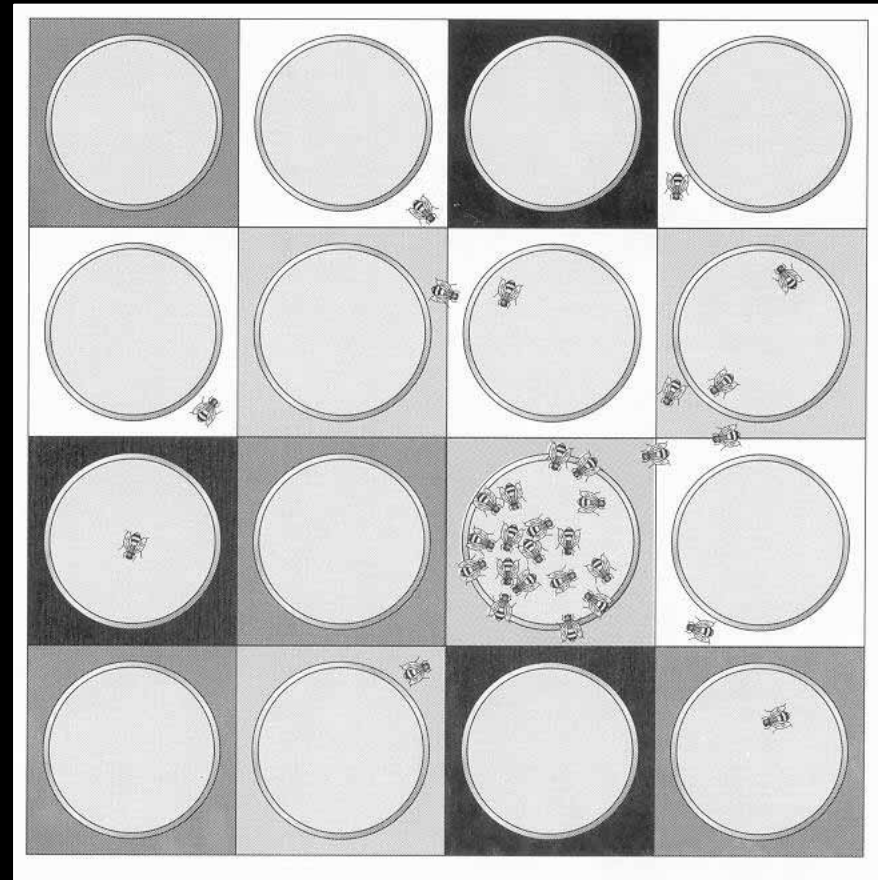
Vytvoření podmíněného spojení je důkazem plasticity NS a základem paměti a učení.

Pavlov

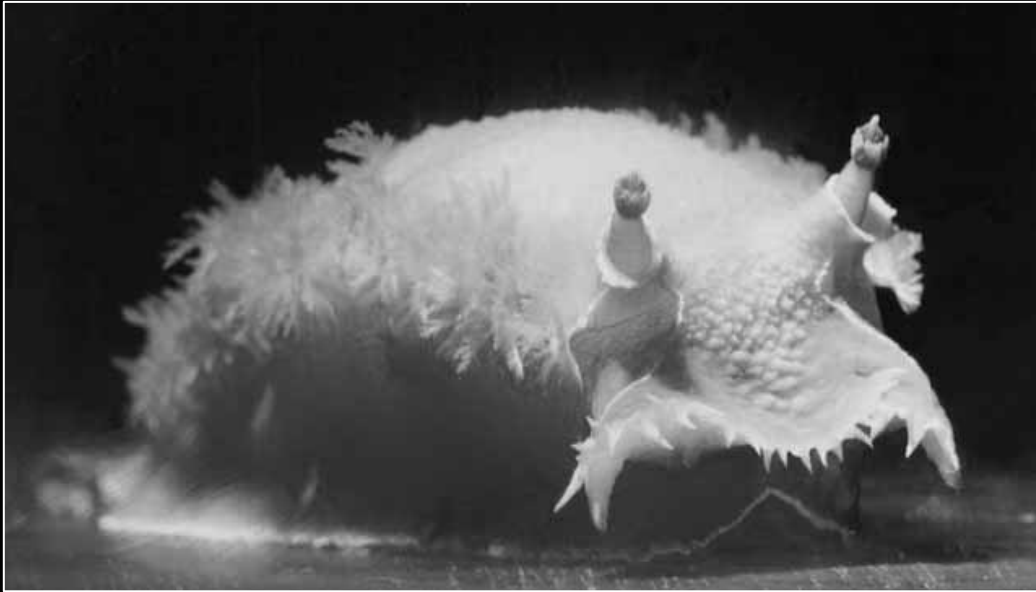


Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů  
Vytvoření podmíněného spojení je důkazem  
plasticity NS a základem paměti a učení.

von Frish

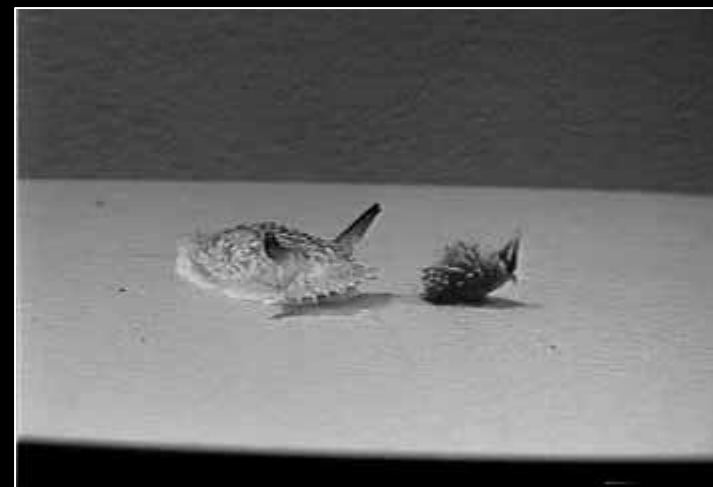


Vytvoření podmíněného spojení může být:  
cílem výzkumu paměti a učení



*Tritonia diomedea*

I měkkýši se učí



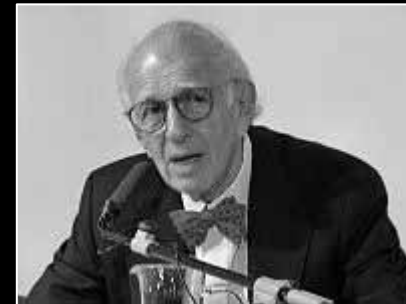
# Vytvoření podmíněného spojení může být: cílem výzkumu paměti a učení



Aplysia – zej  
„mořský zajíc“

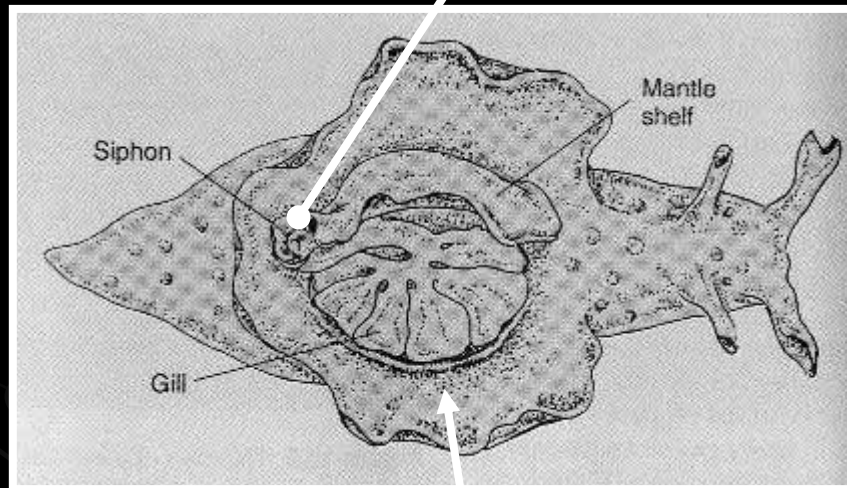
Aplysia

Eric Kandel  
Nobelova cena 2000



Vytvoření podmíněného spojení může být:  
cílem výzkumu paměti a učení

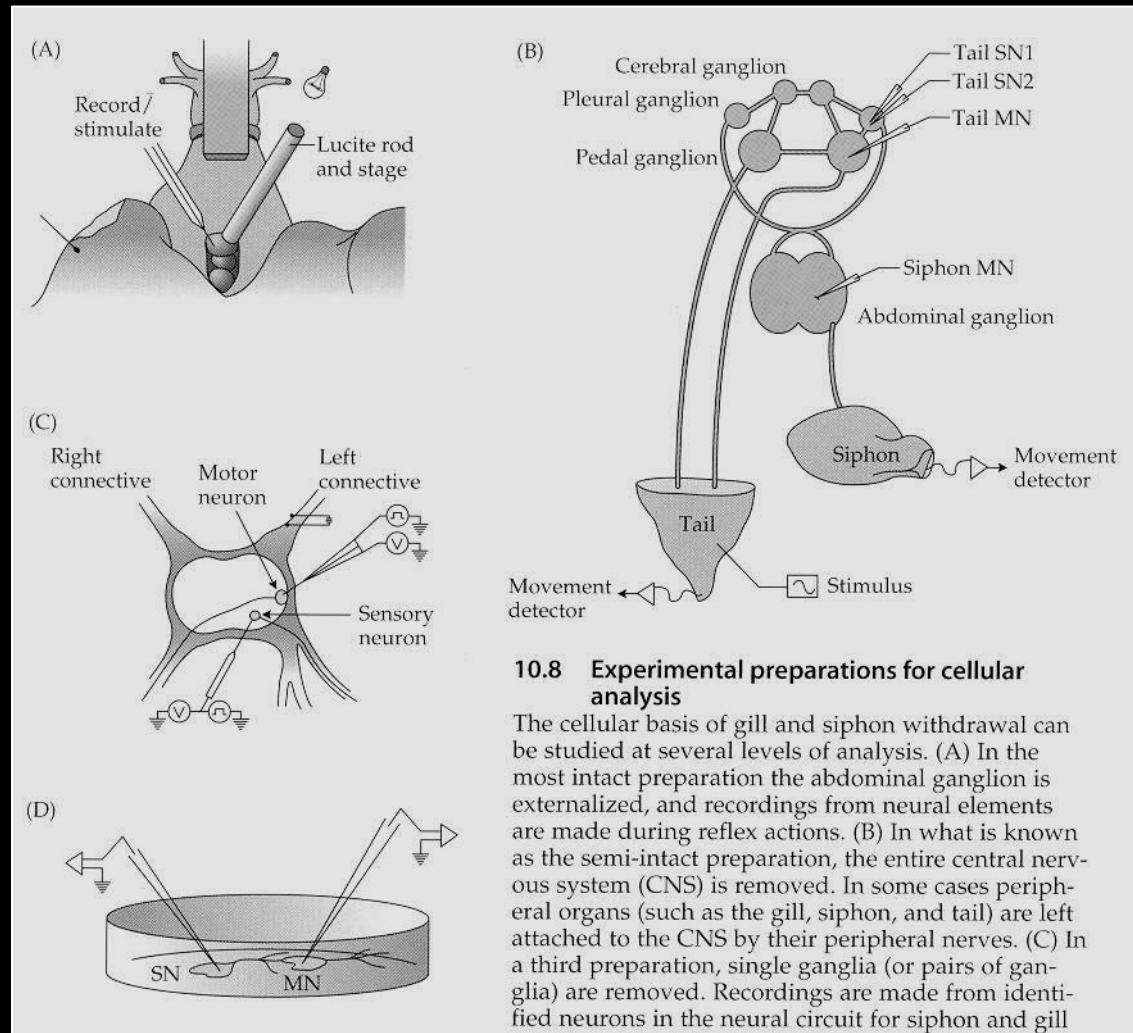
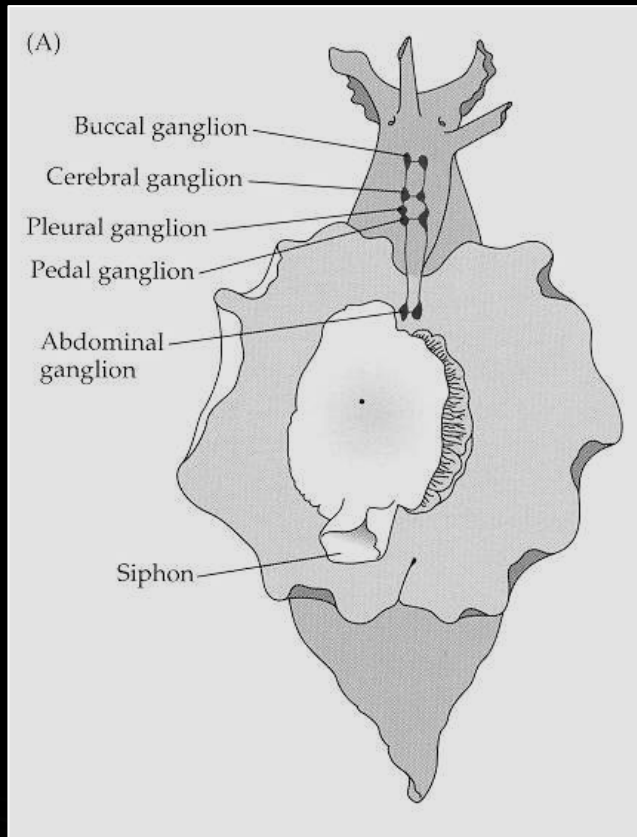
Dotek na sifon...



...a žábra se stáhnou

Habituace u *Aplysia*

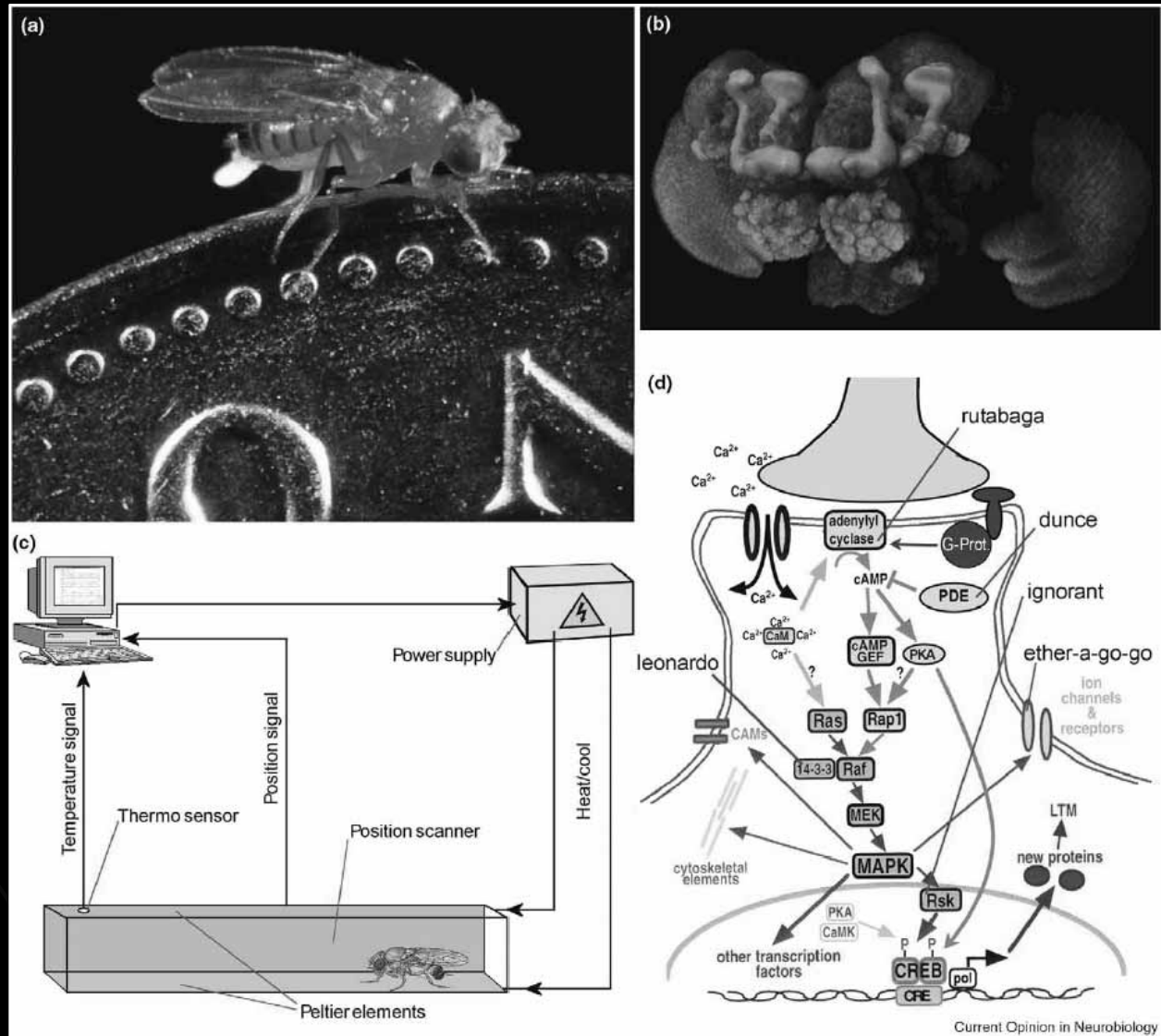
# Plasticita nervového spojení i na izolovaných gangliích





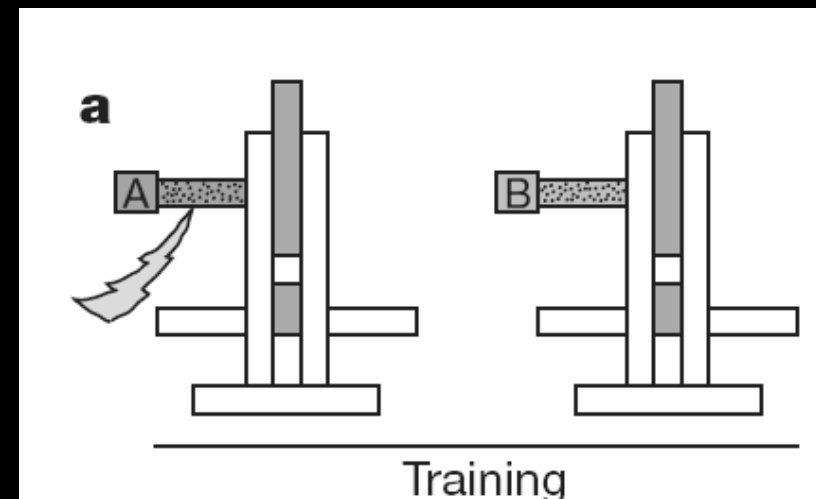
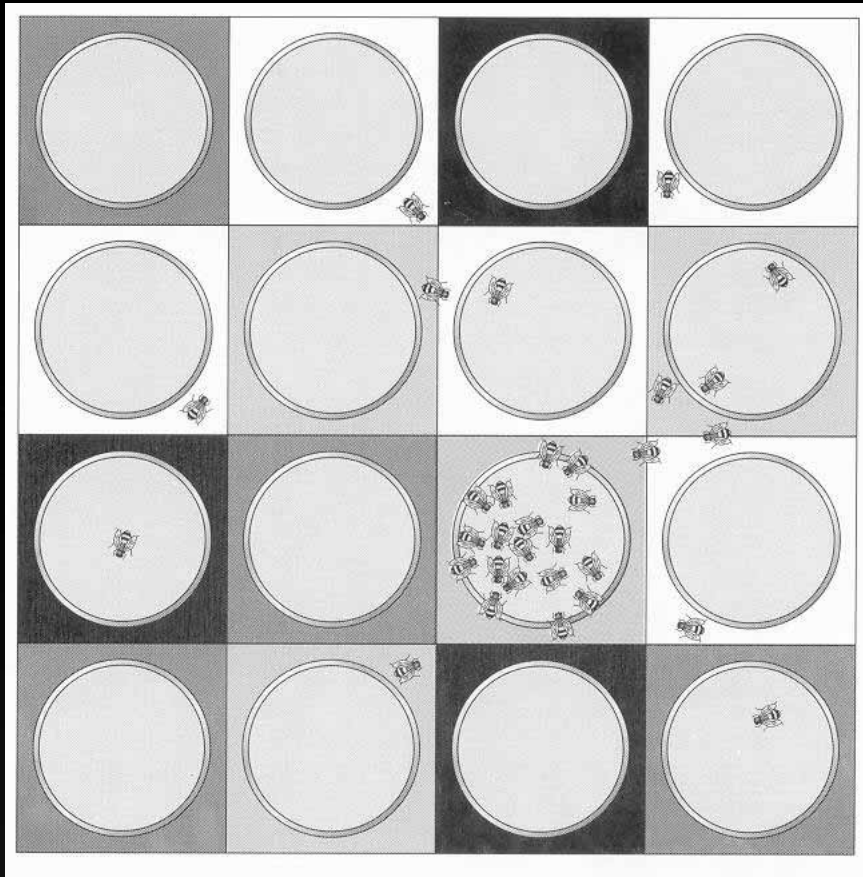
# Vytvoření podmíněného spojení může být: cílem výzkumu paměti a učení

## Trénink a test



Vytvoření podmíněného spojení může být:  
nástrojem výzkumu smyslových schopností

Odměna nebo trest při tréninku



# Vytvoření podmíněného spojení může být: nástrojem výzkumu smyslových schopností

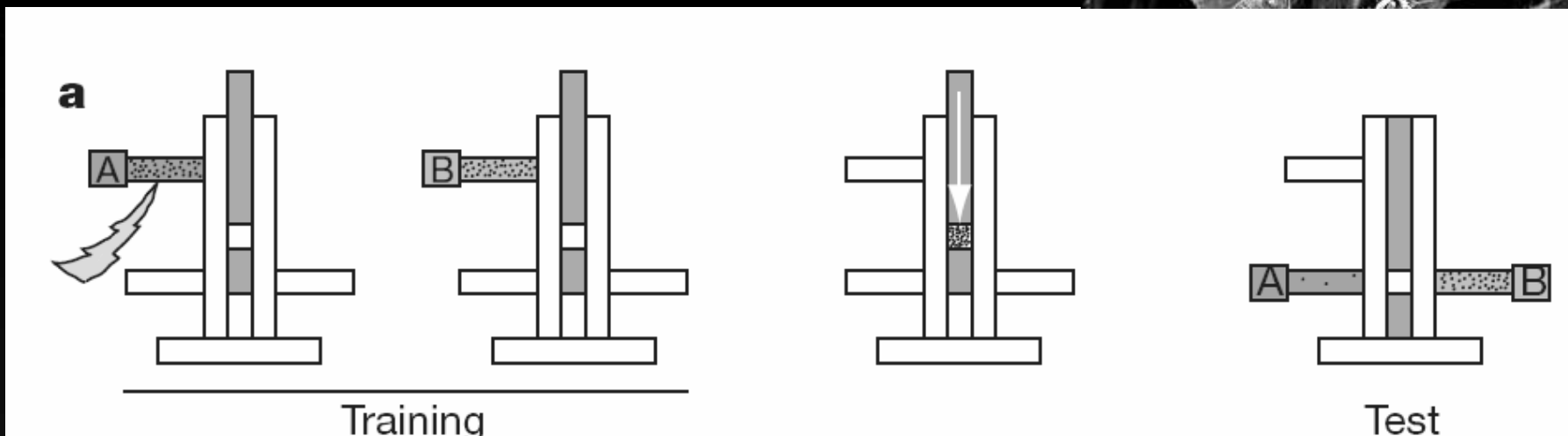
Richard Axel

Nobelova cena 2004 za objevy podstaty čichu



# Vytvoření podmíněného spojení může být: nástrojem výzkumu smyslových schopností

Richard Axel  
Nobelova cena 2004 za objevy podstaty čichu



# Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů

Vytvoření podmíněného spojení může být:

- cílem výzkumu paměti a učení

# Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů

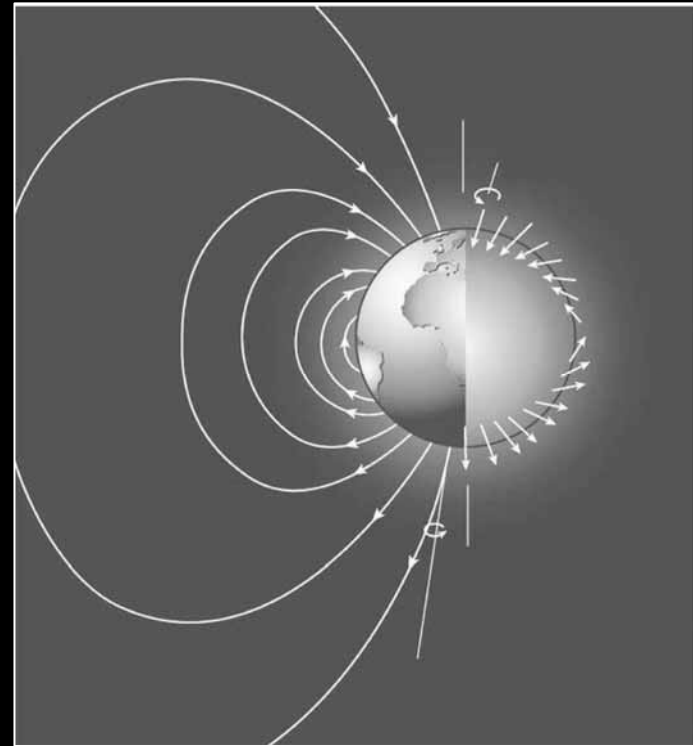
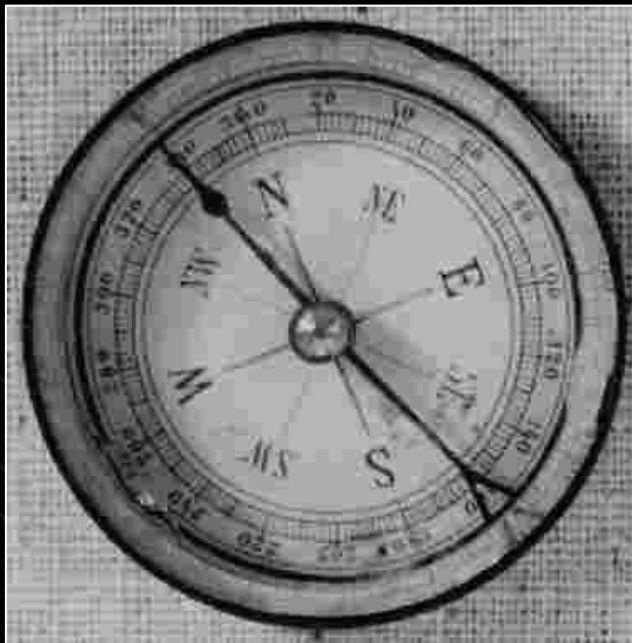
Vytvoření podmíněného spojení může být:

- nebo nástrojem výzkumu smyslových schopností

## C) Magnetorecepce – výzva smyslové fyziologii



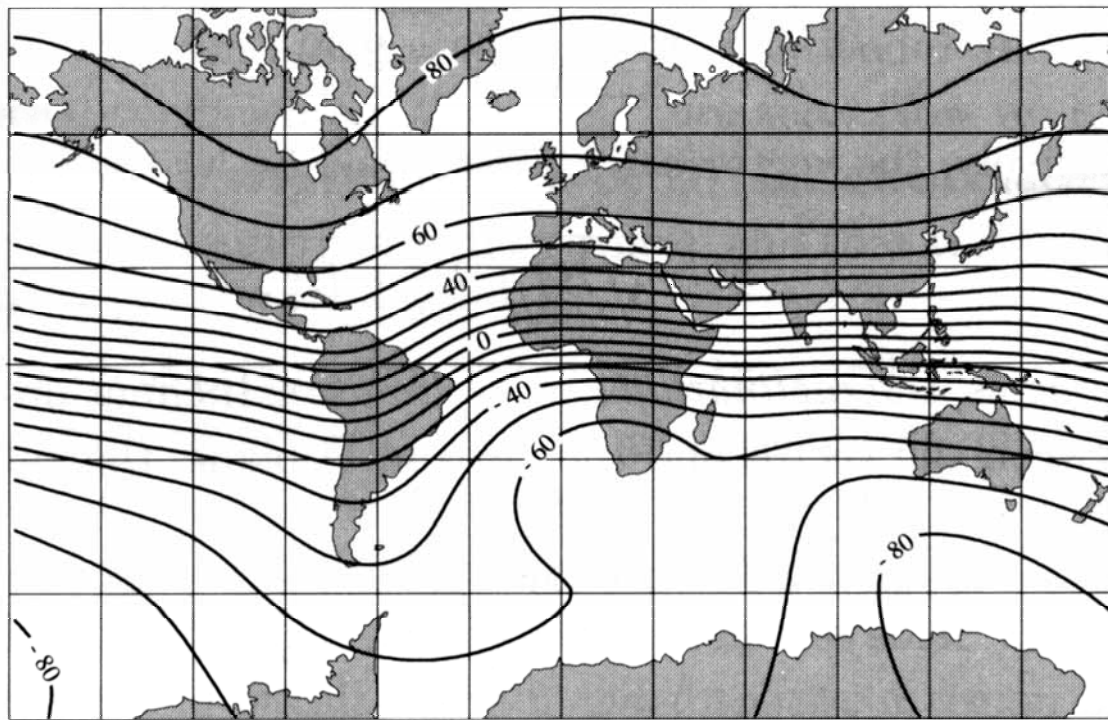
# Kompas: Všudypřítomné vodítko





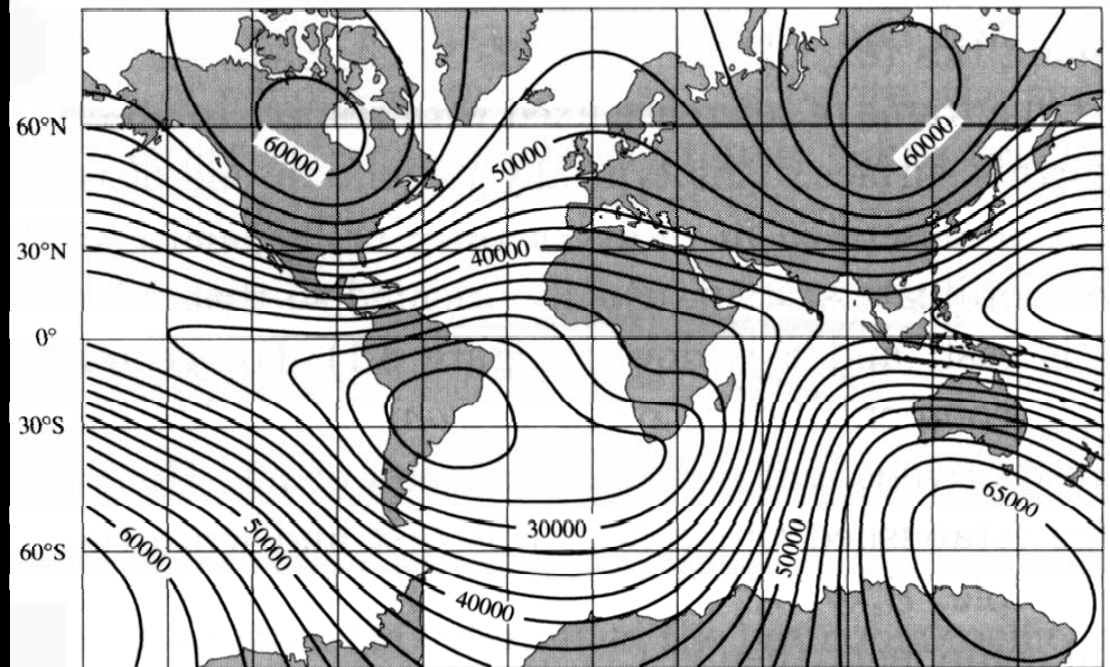
## Severo-jihní orientace pasoucích se krav





# Mapa – „GPS“

180°W 120°W 60°W 0° 60°E 120°E 180°E

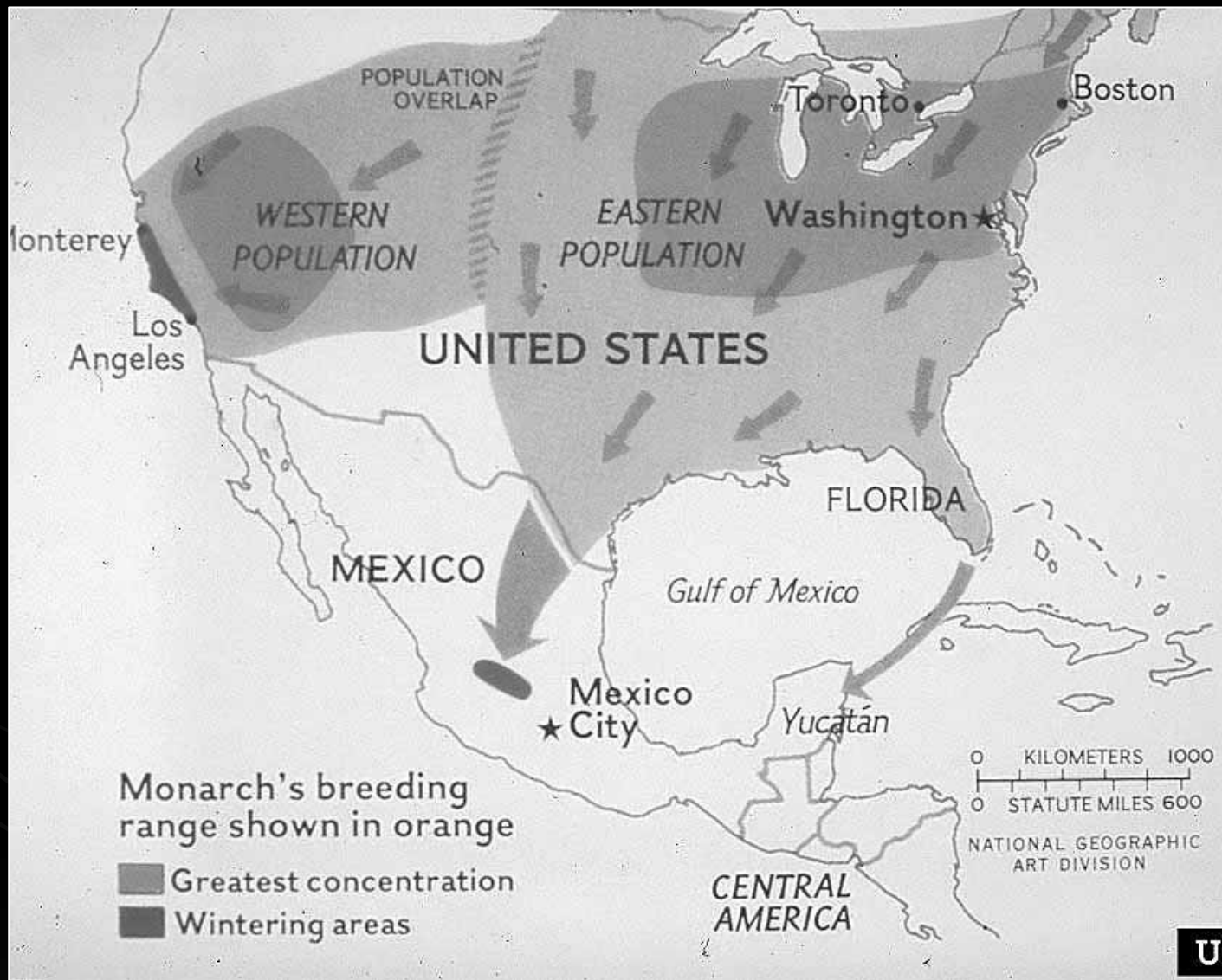


# Orientace hmyzu



Migrující hmyz:

monarcha stěhovavý



# Metody výzkumu





Blacksburg VA



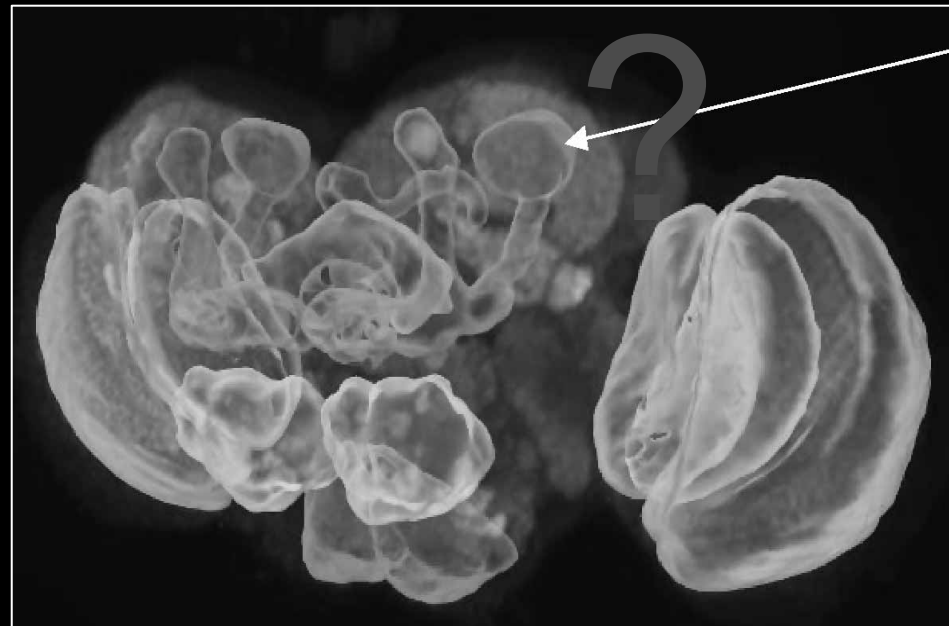
Lund





# Neznáme:

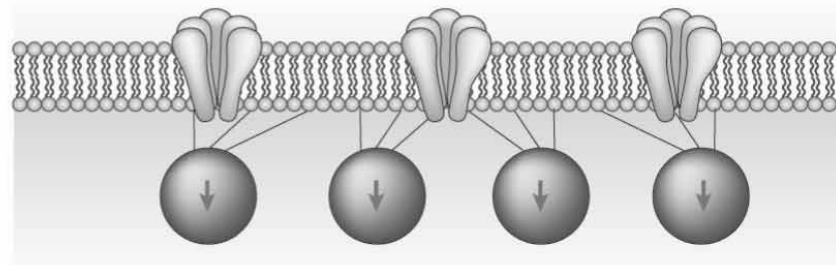
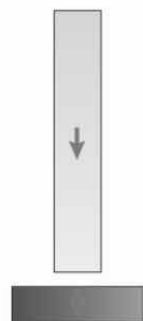
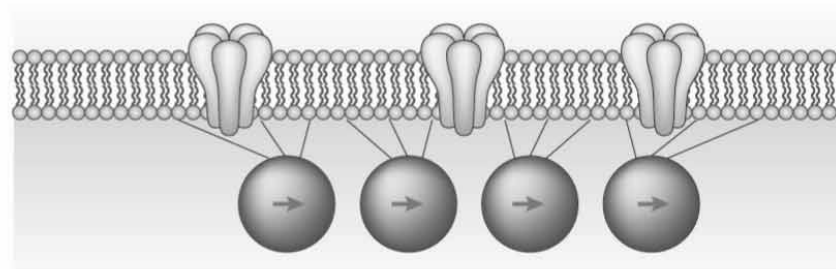
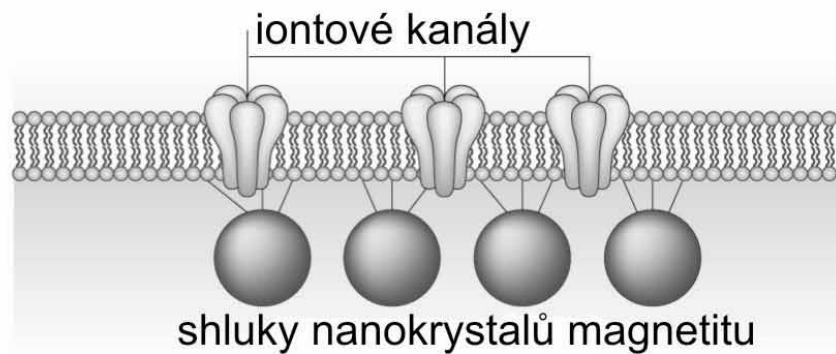
- Mechanismus recepce
- Lokalizaci receptoru
- Adaptivní význam

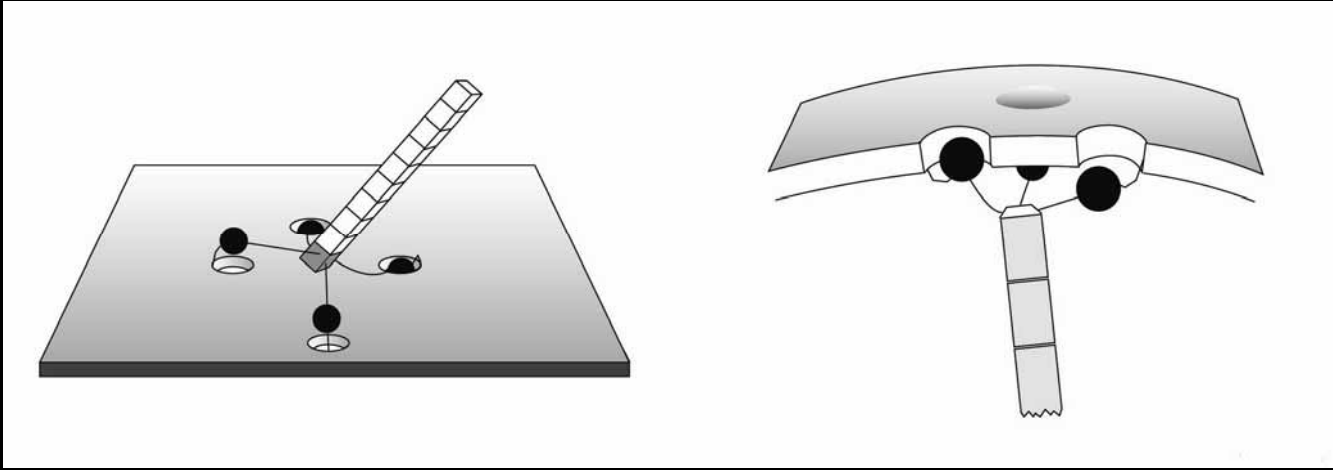


# Magnetit?

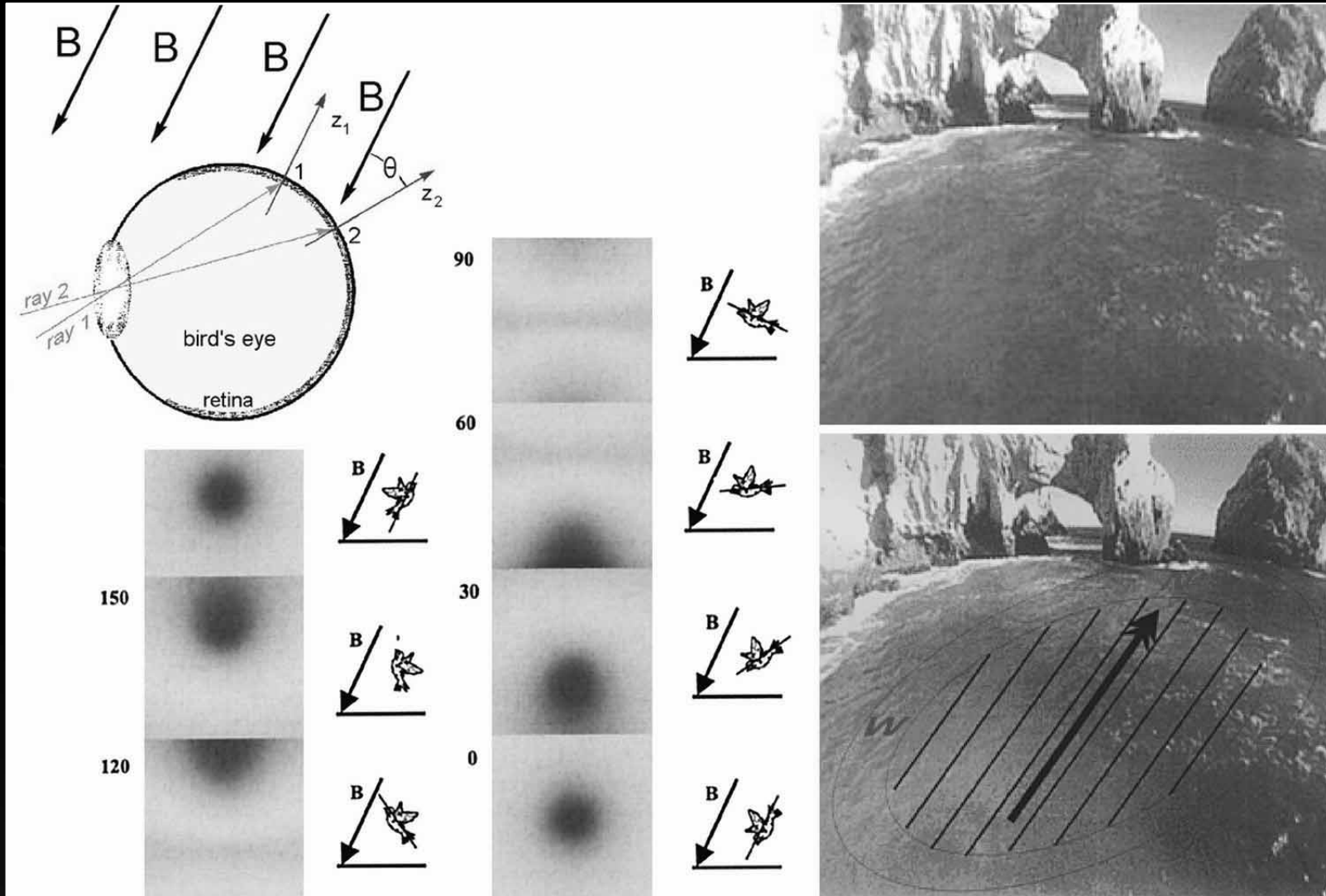


$B = 0$





# Modifikace zraku?



# Neuroetologické metody smyslové fyziologie

Podmiňování a spontánní reakce



# Neuroetologické metody smyslové fyziologie

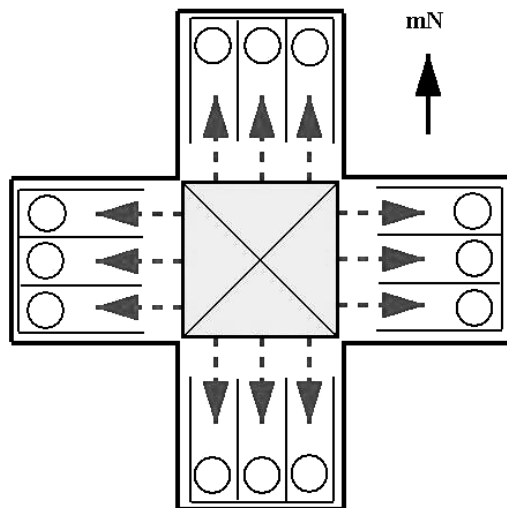
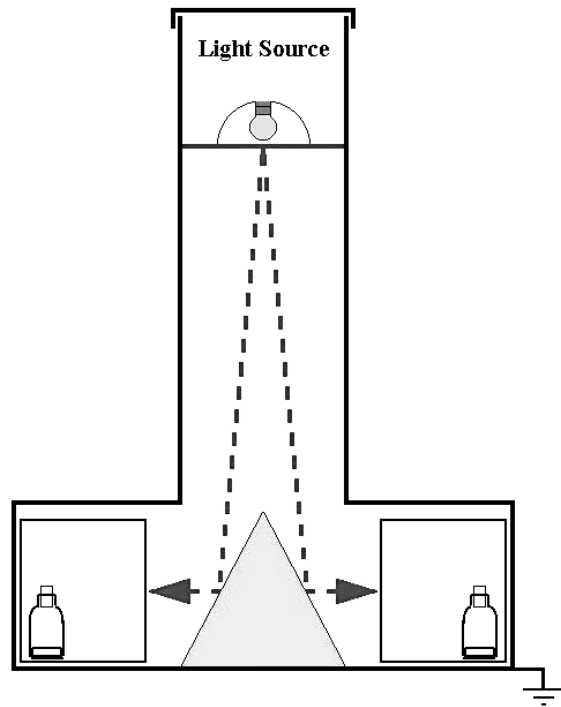
Podmiňování: Trénink a test



# Neuroetologické metody smyslové fyziologie

Podmiňování: Trénink a test

Trénink: Odměna nebo trest



# Trénink Drosophila

## Světlo jako atraktivní stimul

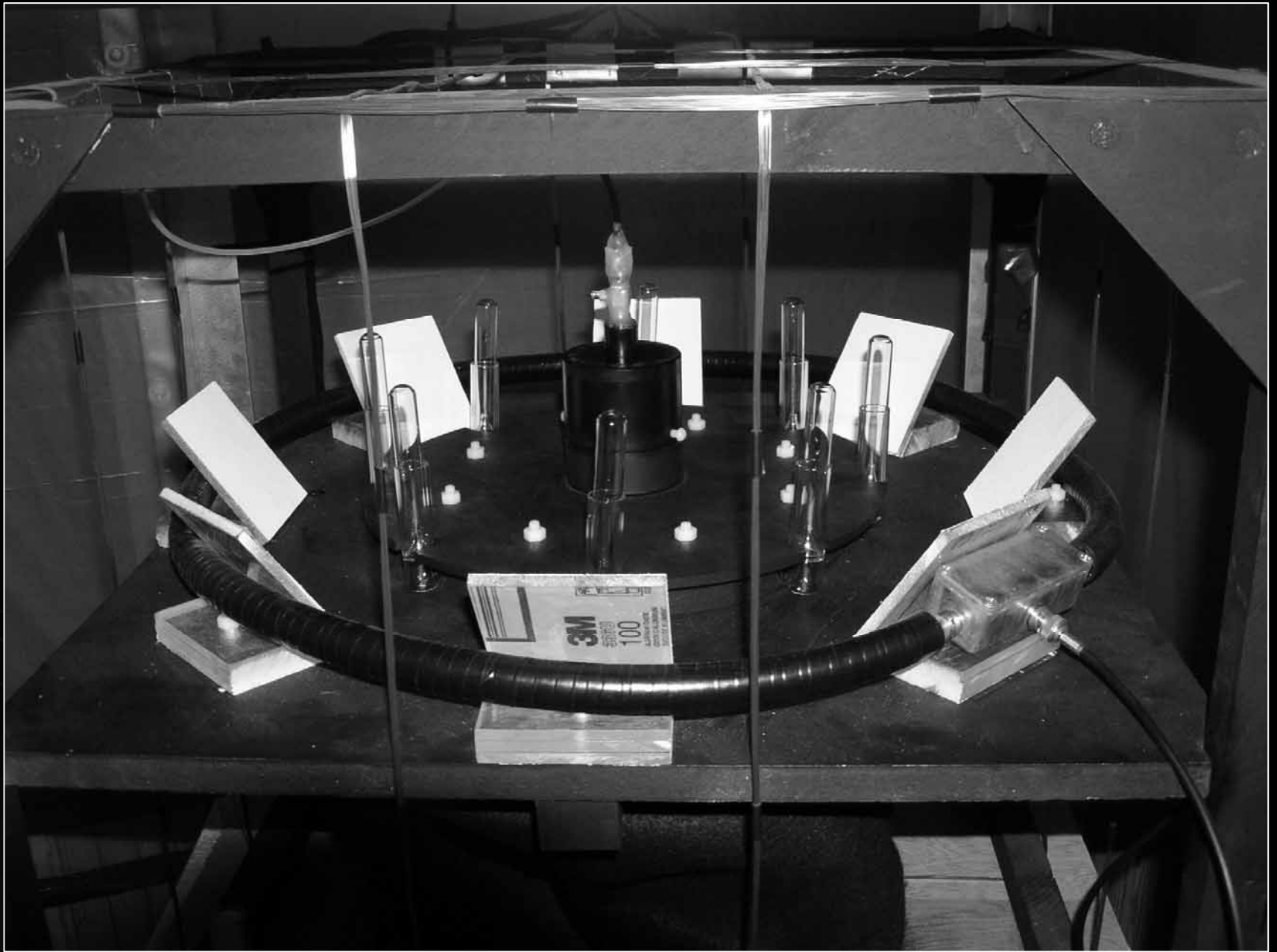




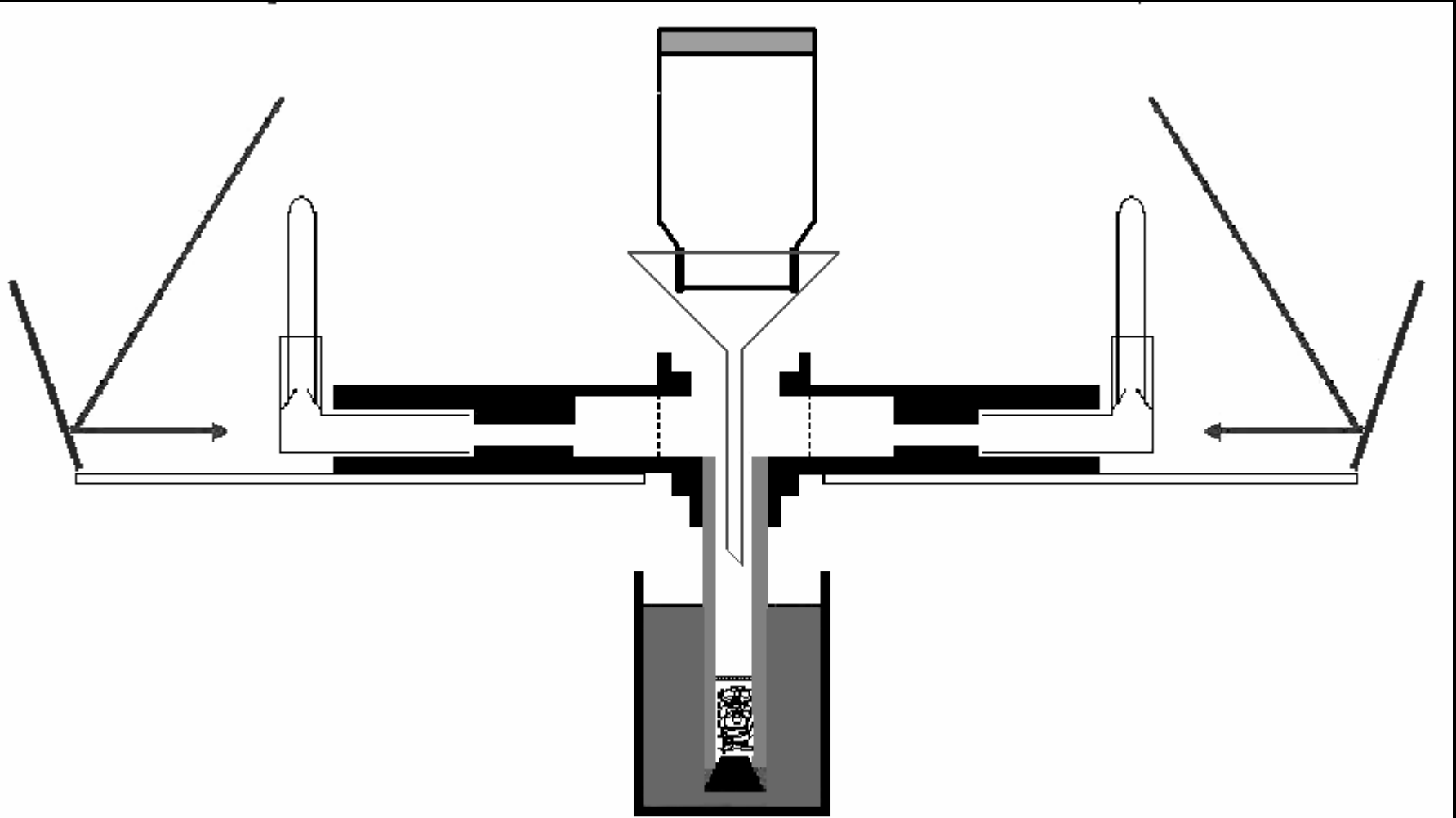




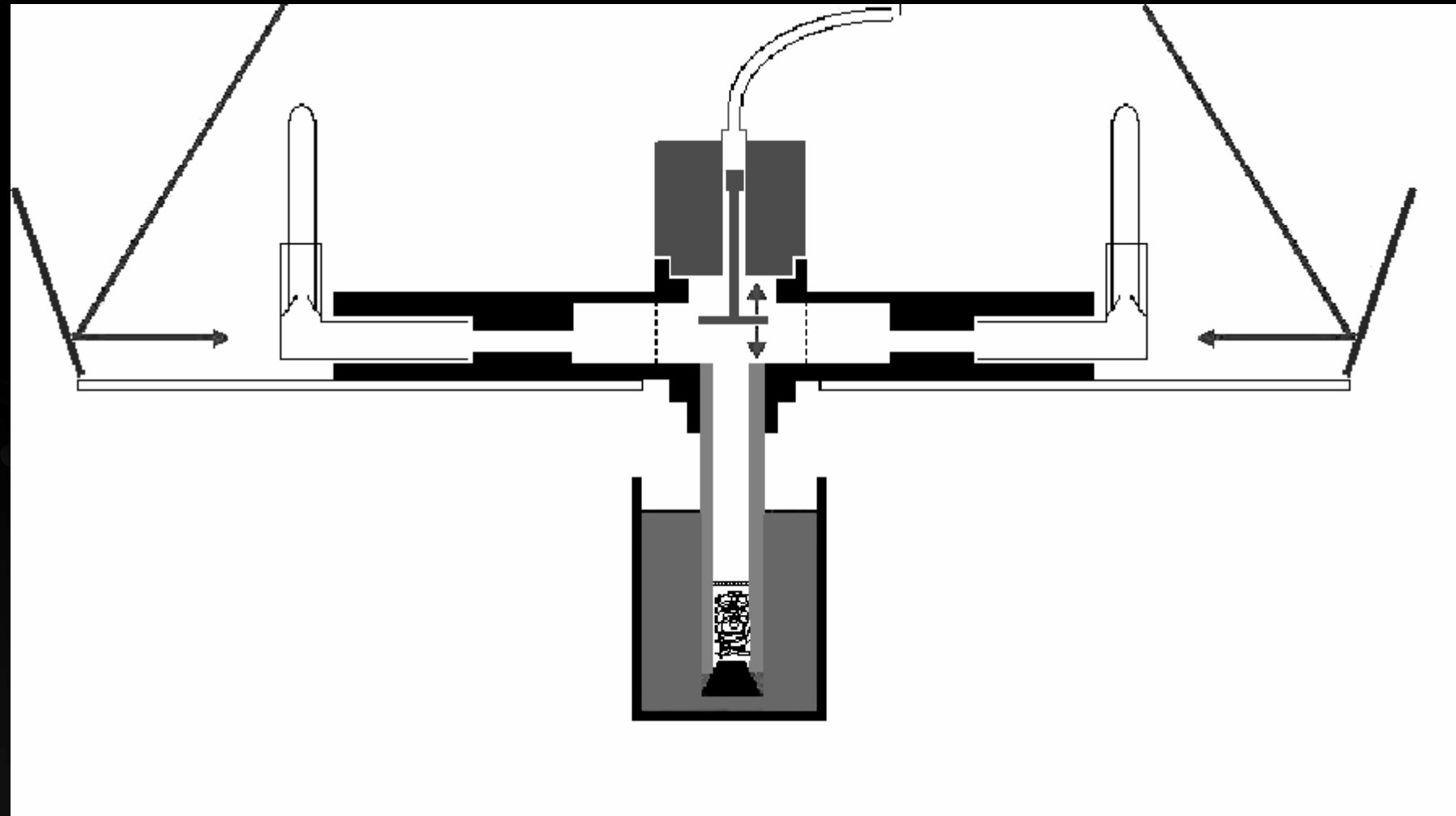
Test



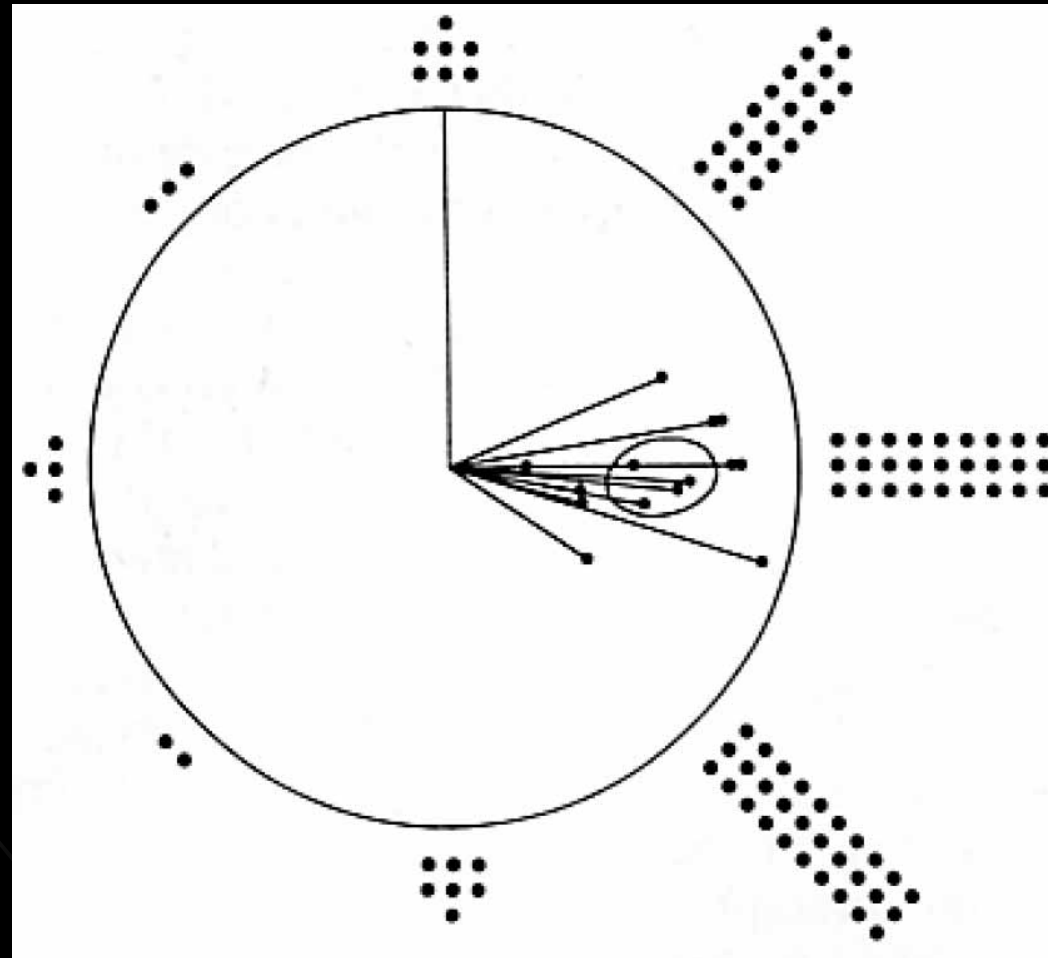
# Test Drosophila



# Test Drosophila



# Cirkulární diagramy orientace

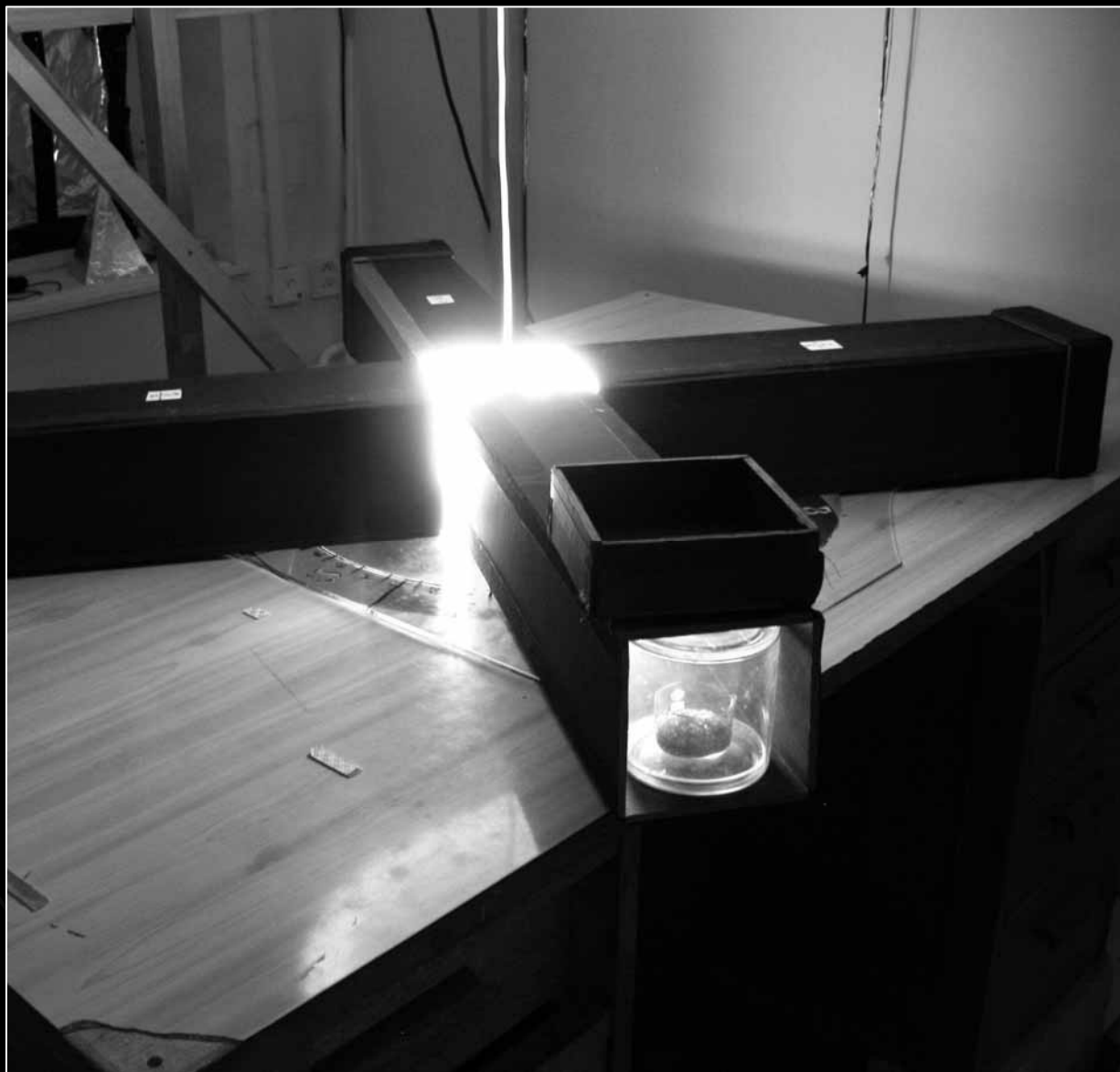


**Tenebrio molitor**



**Tribolium castaneum**

# Trénink





# Trénink

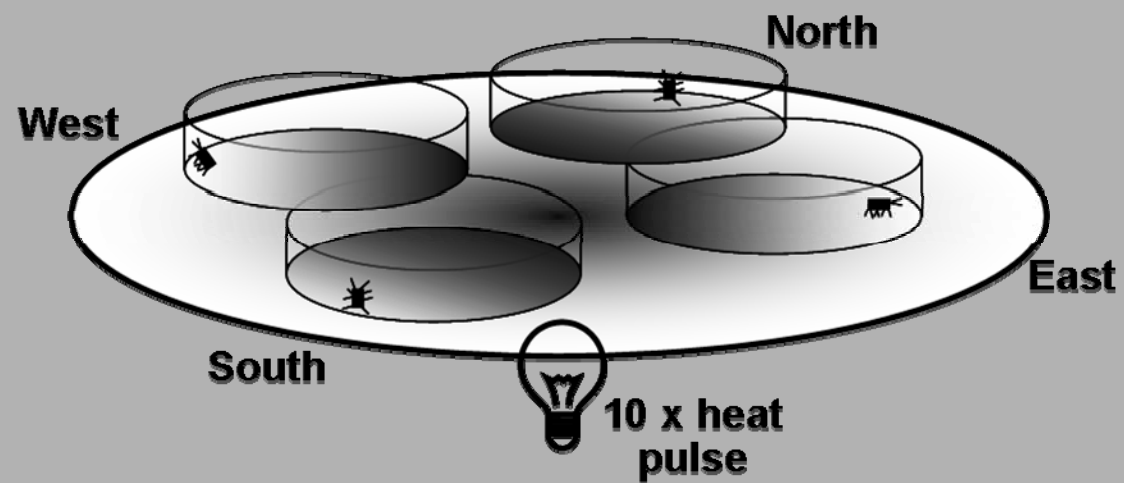
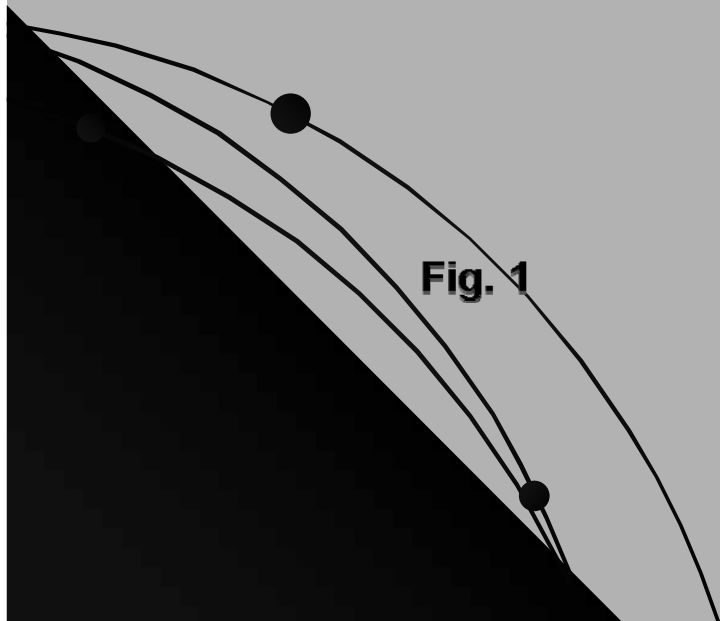


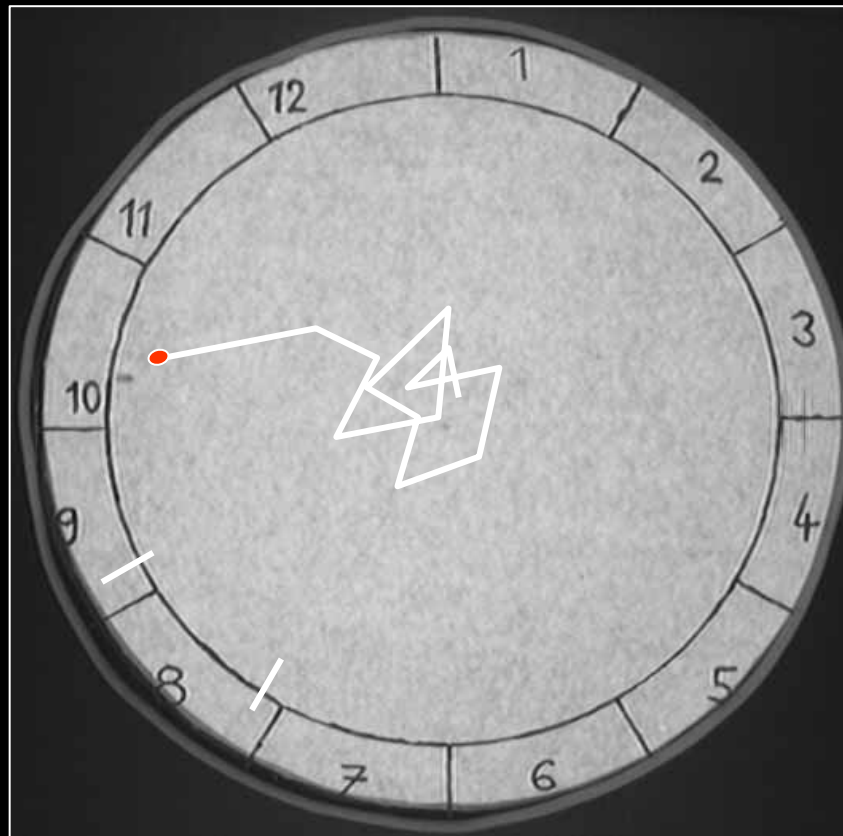
Fig. 1



Test



# Pohled kamery



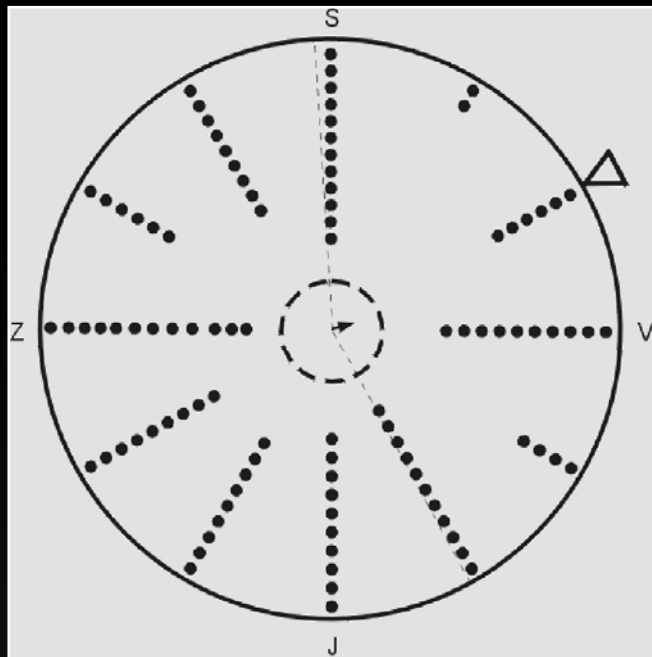
## Problémy:

- Je magnetorecepce závislá na světle?
- Dokáže kompas rozlišit polaritu pole?



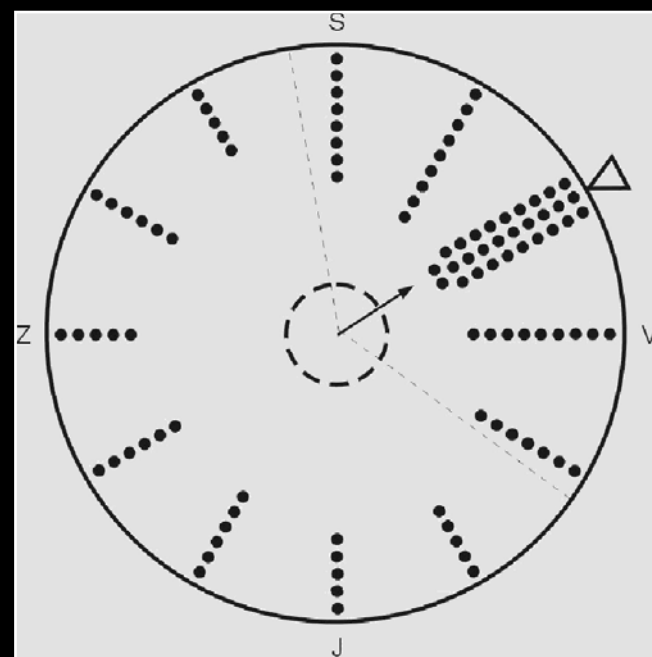
# Ve tmě kompas potemníka nefunguje

Tma  
0% RH



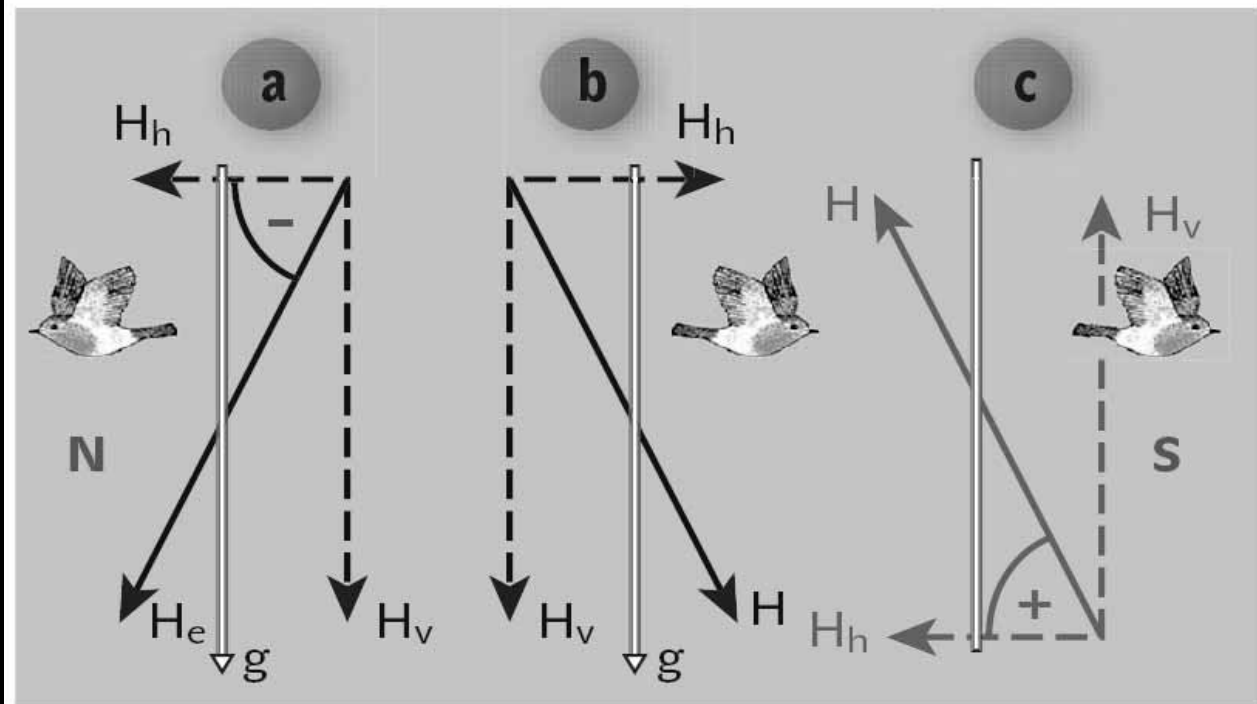
$N = 100$   
 $\theta = 60^\circ$   
 $\Phi = 74,6^\circ$   
 $r = 0,08$   
 $s = 78,0^\circ$

Světlo  
0% RH



$N = 100$   
 $\theta = 60^\circ$   
 $\Phi = 57,1^\circ$   
 $r = 0,31$   
 $s = 67,3^\circ$

# Rozlišení inklinanční a polaritní reakce ukazuje na typ recepce

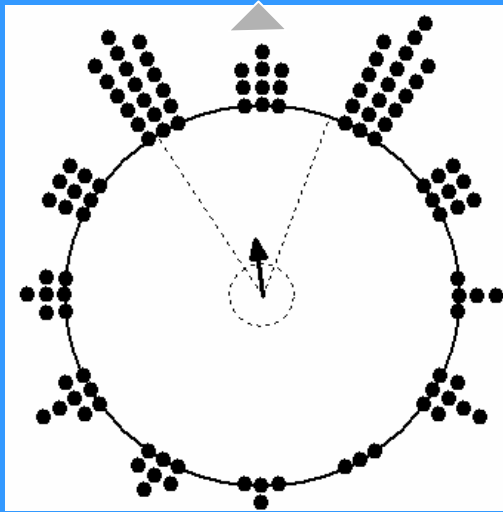


9. Inklinanční kompas ptáků. Normální orientace (a). Otočíme-li experimentálně vertikální složku geomagnetického pole (b), má to stejný účinek jako otočení složky horizontální (c). Ptáci (ale také čolci a želvy) odvozují tedy polaritu pole ze znaménka sklonu pole (inklinace). (Podle: Wiltschko W., Wiltschko R.: J. Comp. Physiol. A 191, 675–693, 2005)

# Obrácení inklinace otočí orientaci potměníka – kompas není polaritní

Training ↙ Test ↙

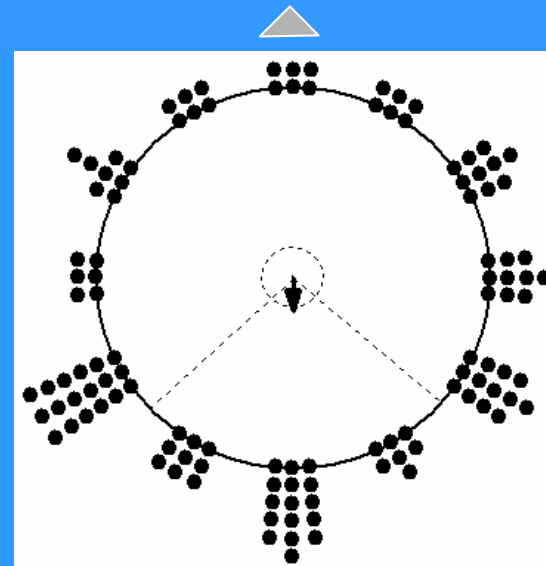
A



↔  
 $P < 0.001$

Training ↙ Test ↘

B

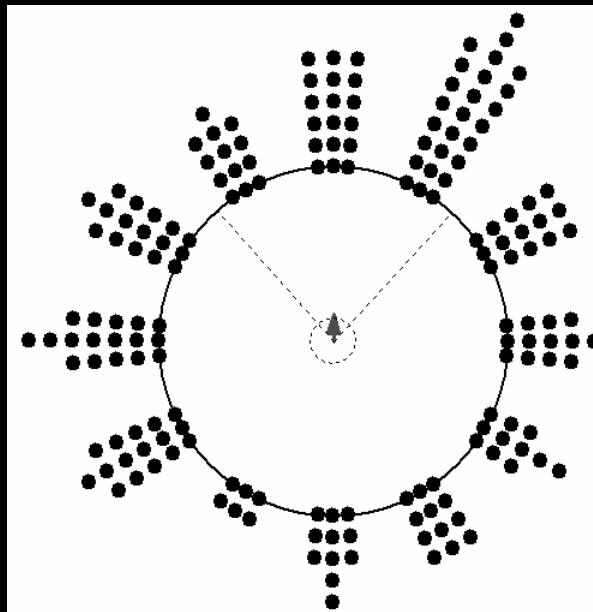


$N = 109$   
 $MVB = 354^\circ$   
 $P < 0.001$

$N = 115$   
 $MVB = 179^\circ$   
 $P = 0.03$

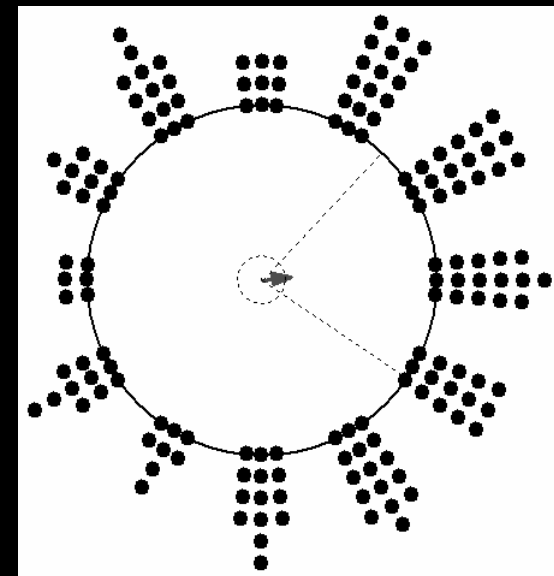
# Změna barvy světla způsobí posun orientace

UV/UV



n=174  
MVB=1  
r=0.16  
P=0.0143

UV/Green



n=155  
MVB=84  
r=0.17  
P=0.0106



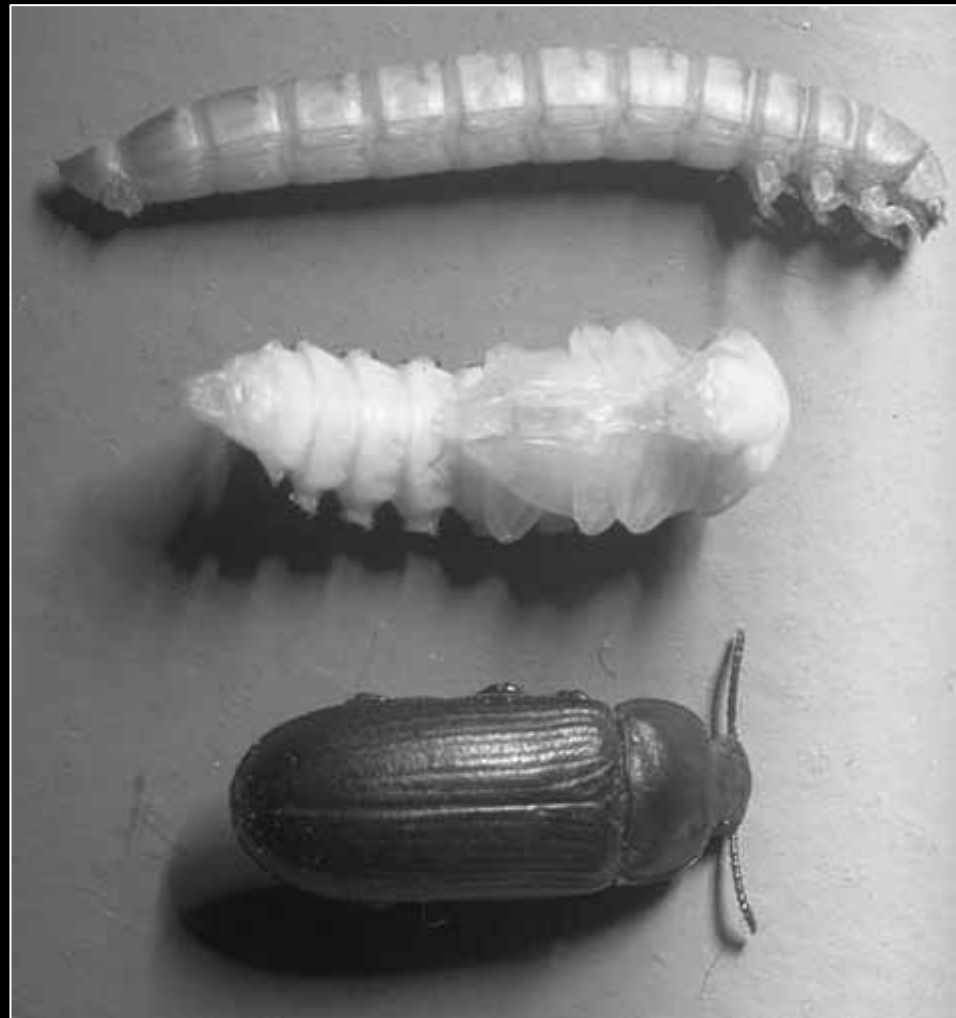
Změna barvy světla způsobí posun orientace



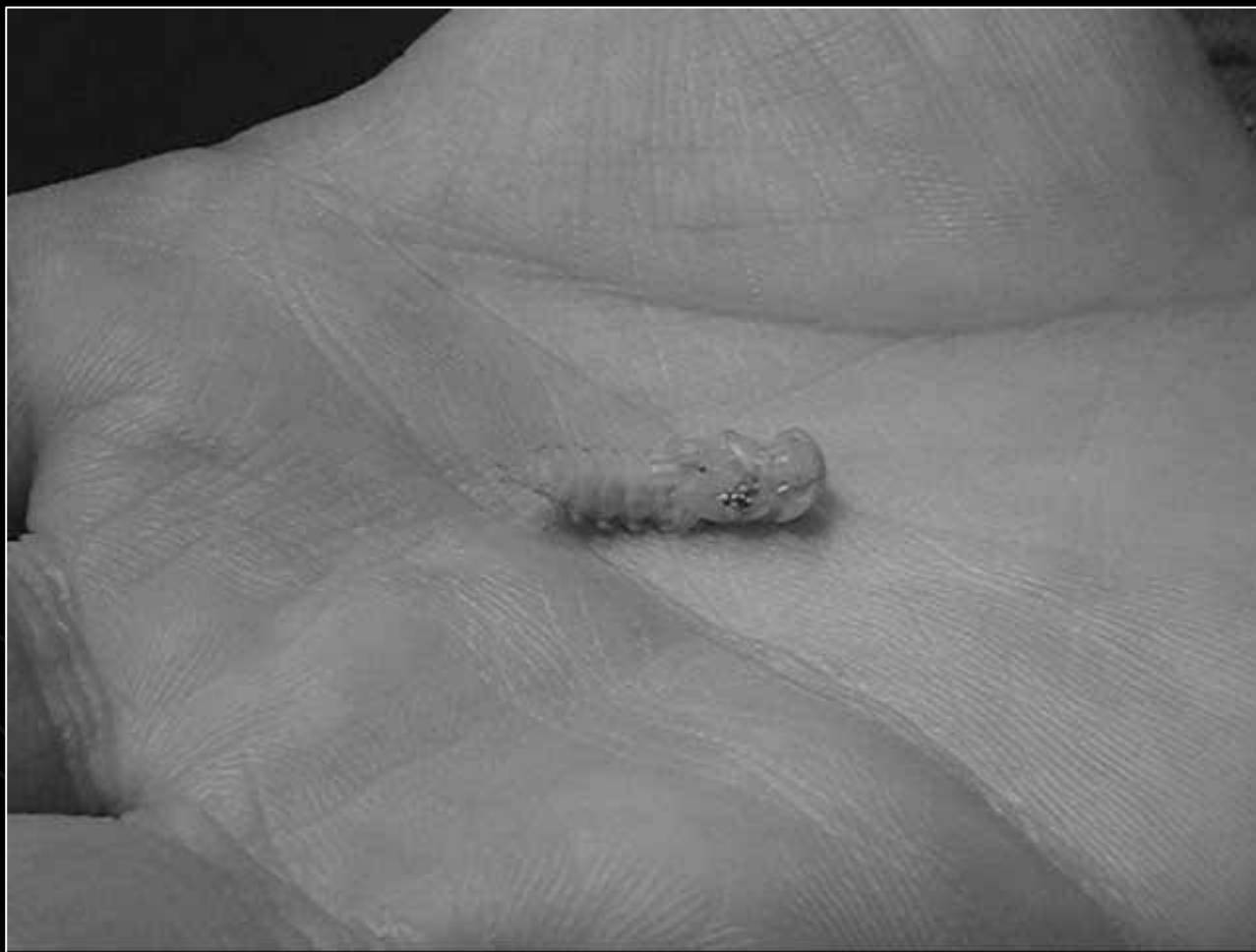
Kompas potemníka Tenebrio má znaky na  
světle závislého mechanismu.



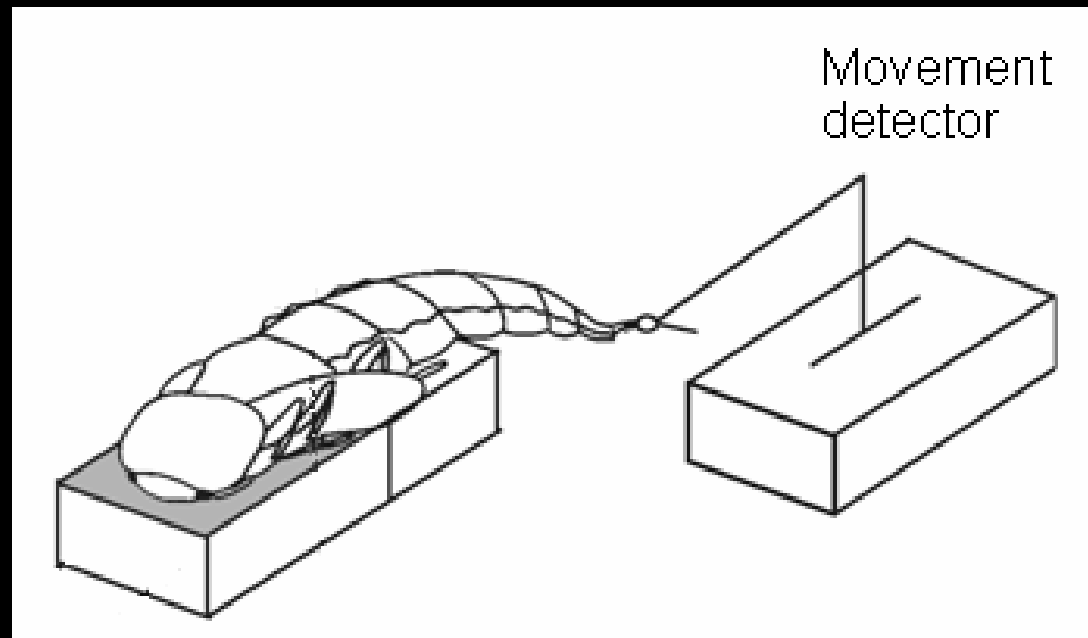
Kukla?

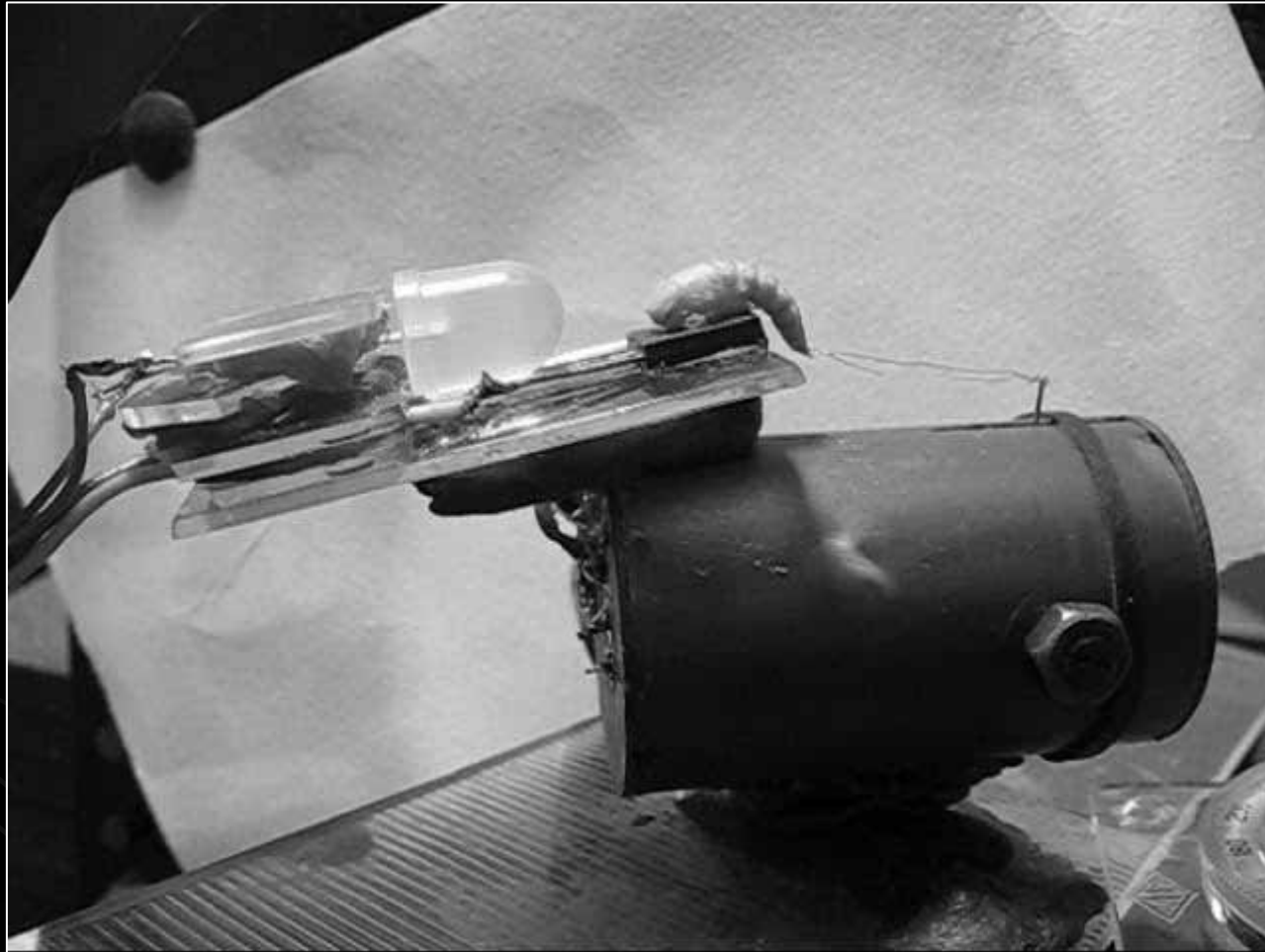


# Kukla jako neuroetologický model

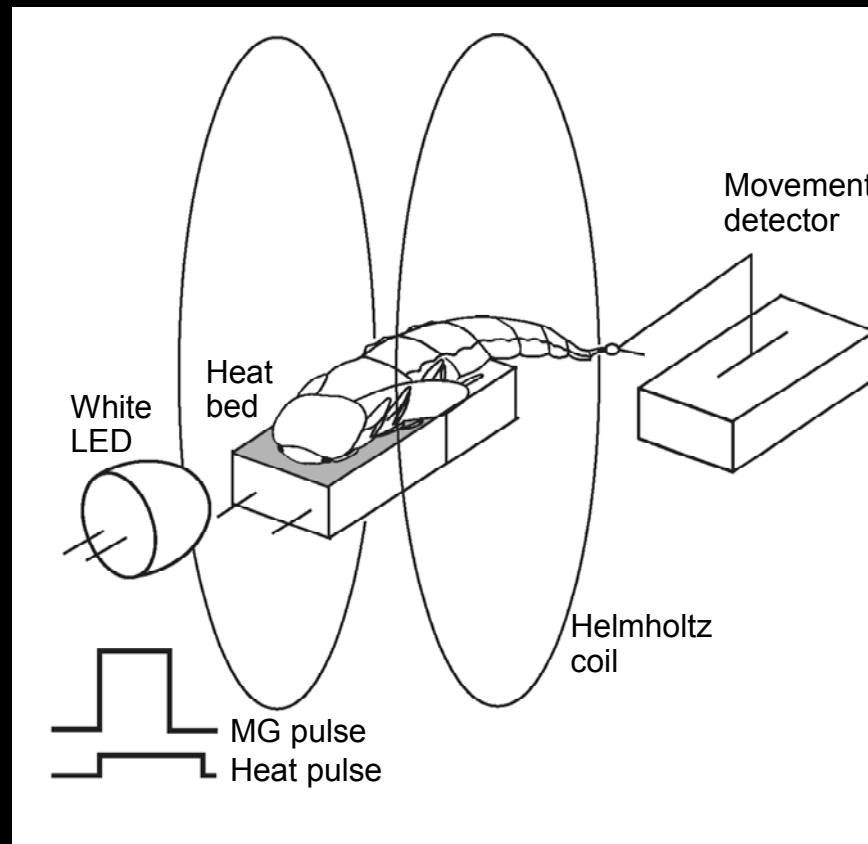


Etologie v jediném parametru  
Nestresována fixací  
Citlivá na vnější podněty

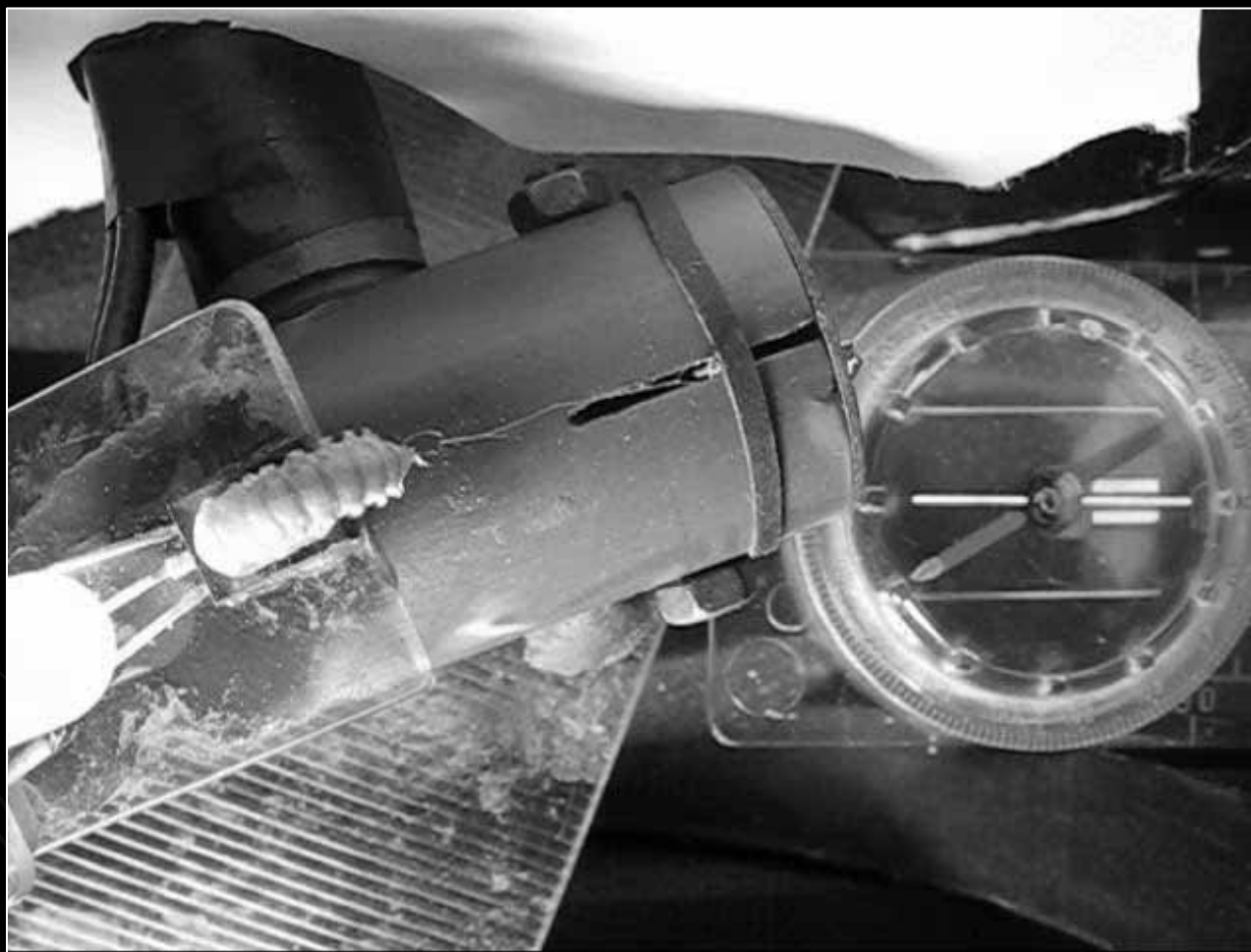




# Podmiňování: magnetický stimul předchází tepelný „trest“

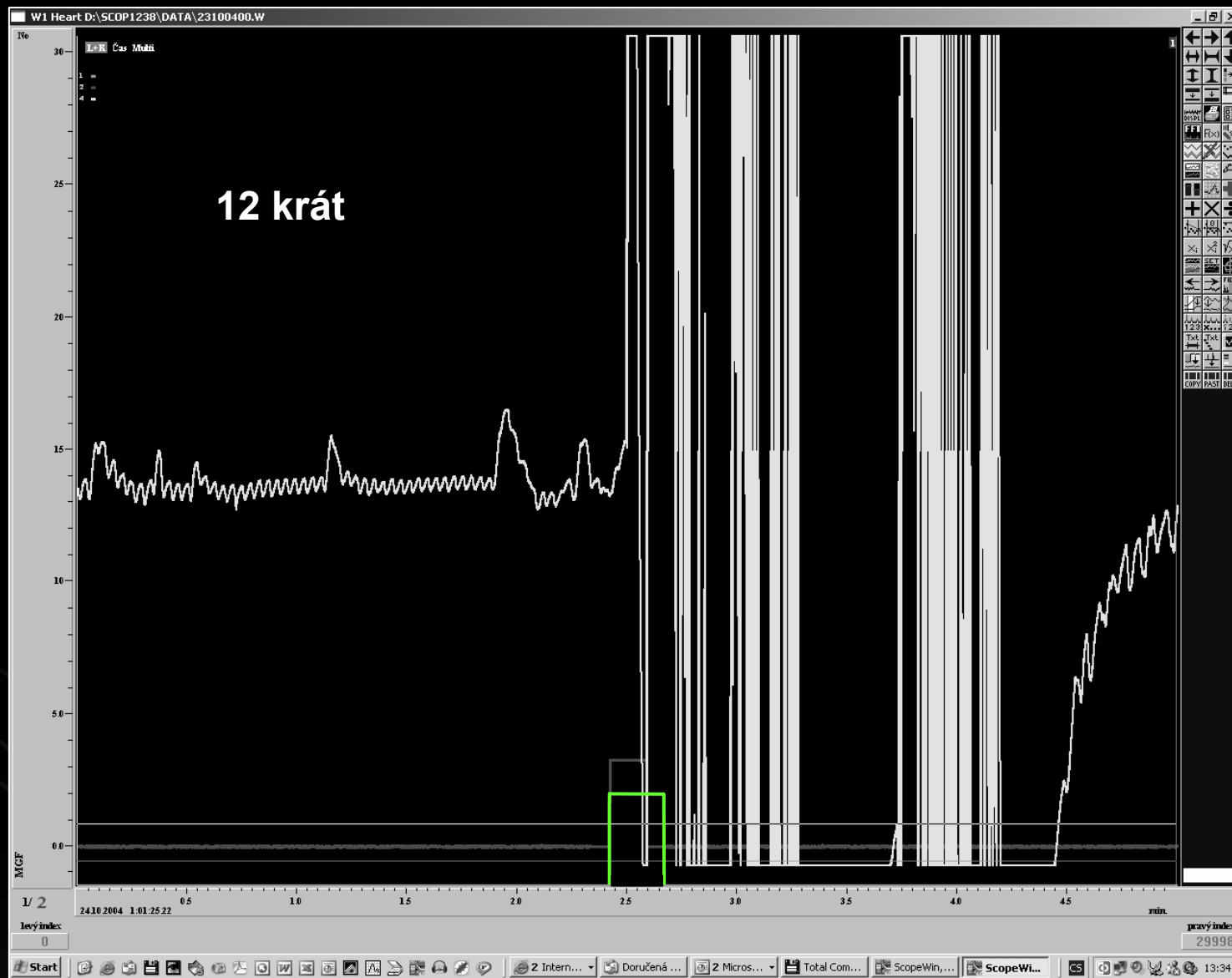


Podmiňování: magnetický stimul předchází tepelný „trest“

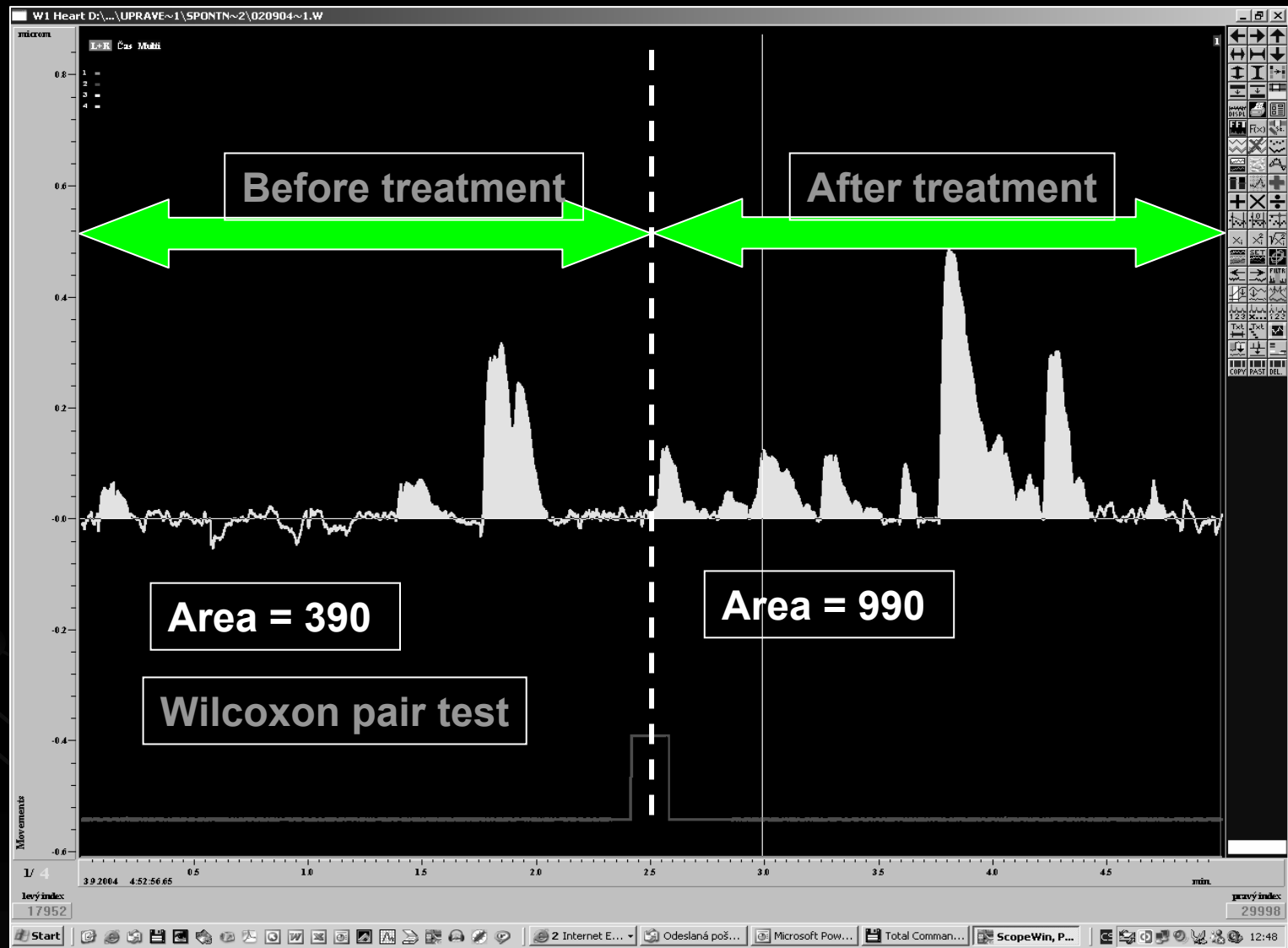




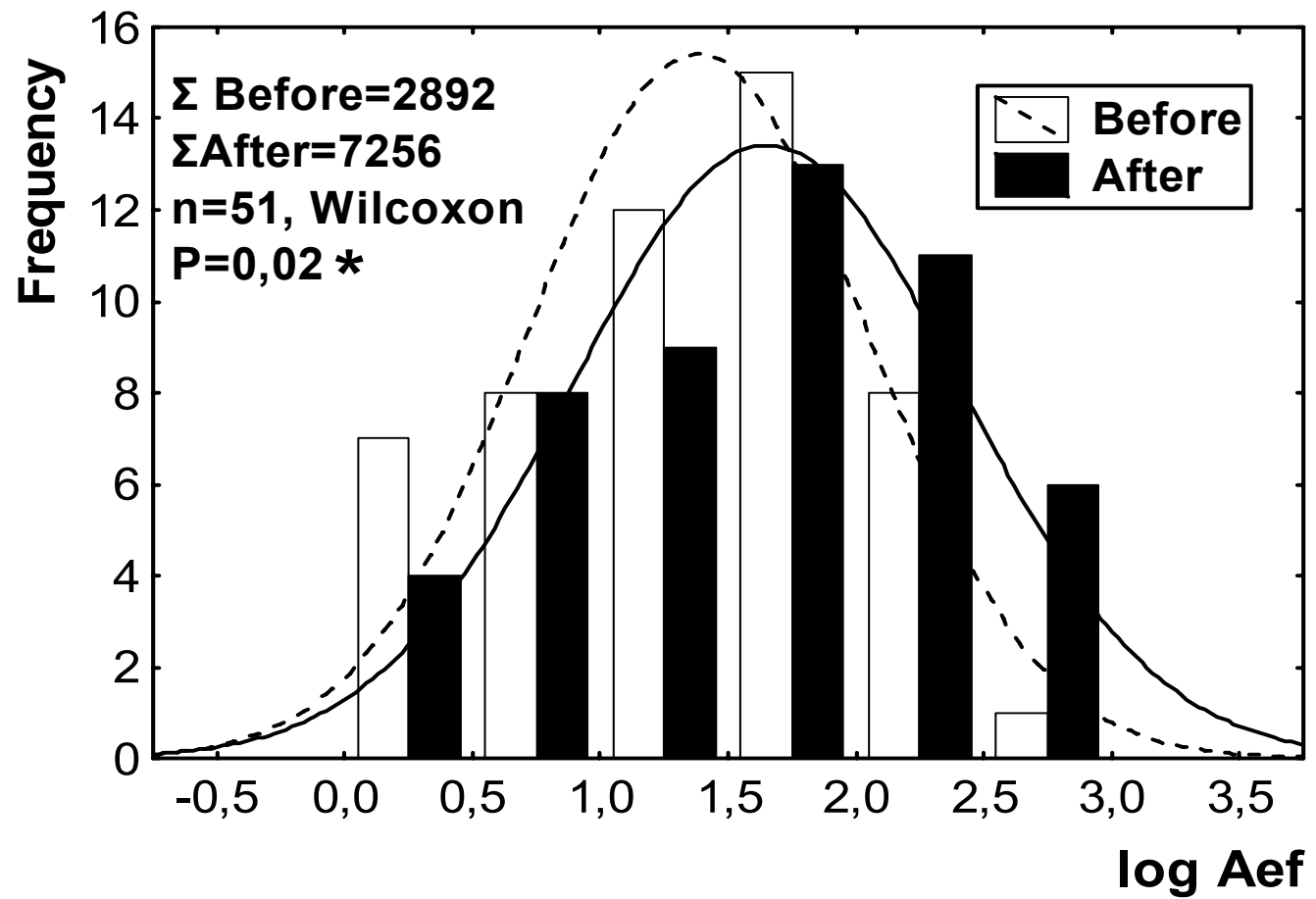
# Trénink:



# Test:



### Conditioned light



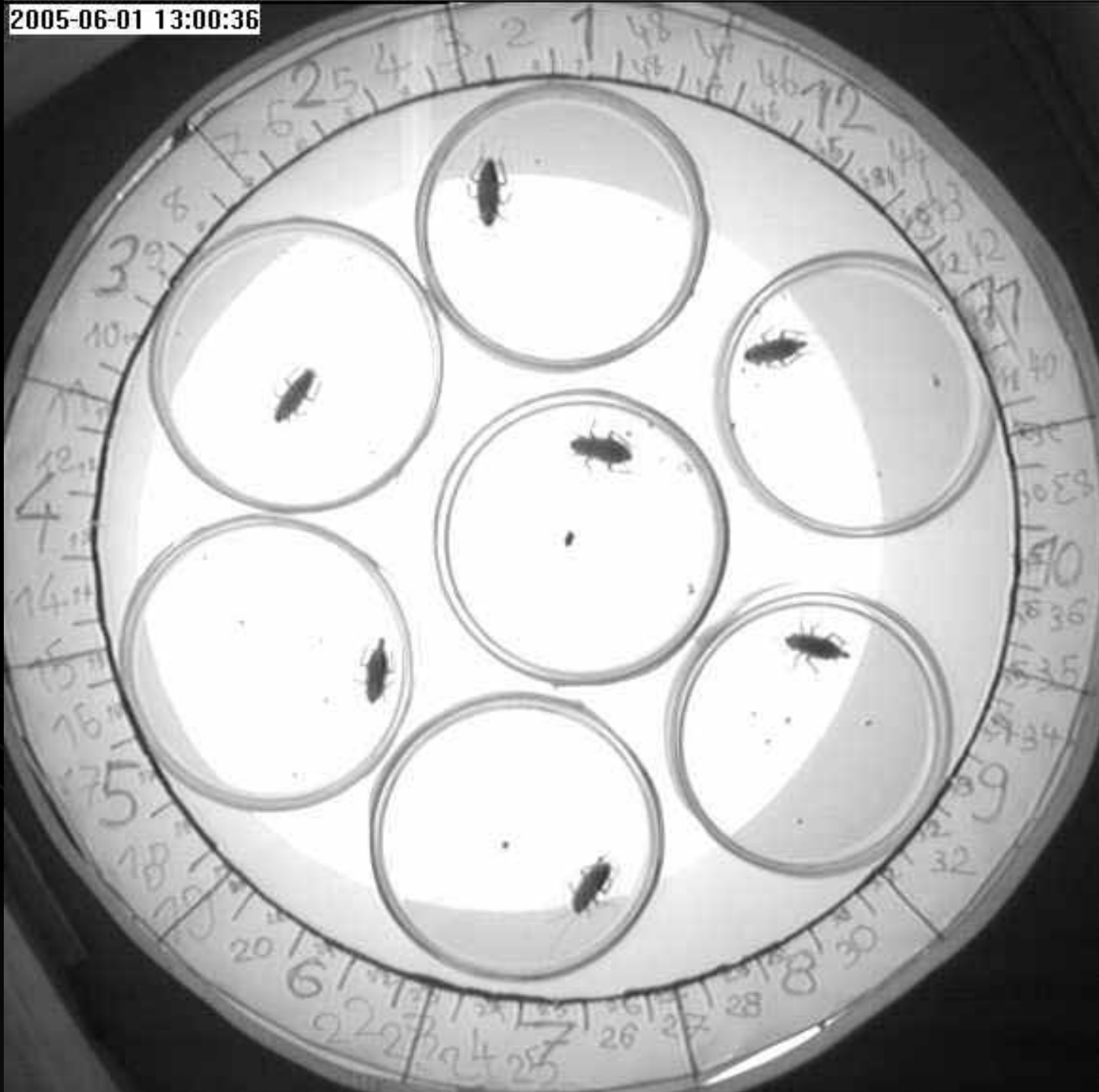
# Nepodmíněná reakce?

- Poziční chování

*Periplaneta americana*



2005-06-01 13:00:36



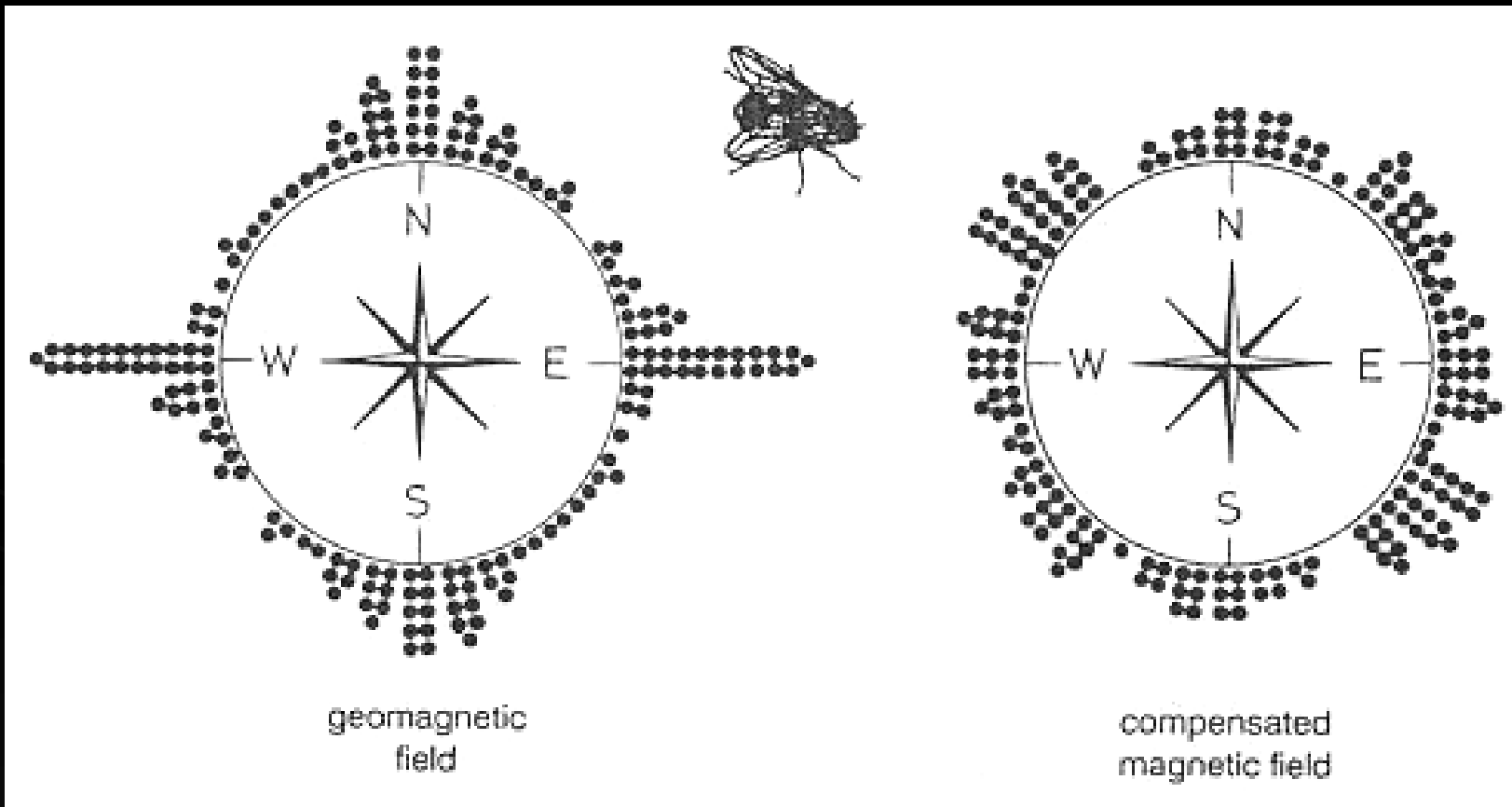
# Methods:

2x4 Helmholtz coil system  
rotating GMF 60°CW





# Alignment behavior



Becker, (1965)



# Alignment behavior

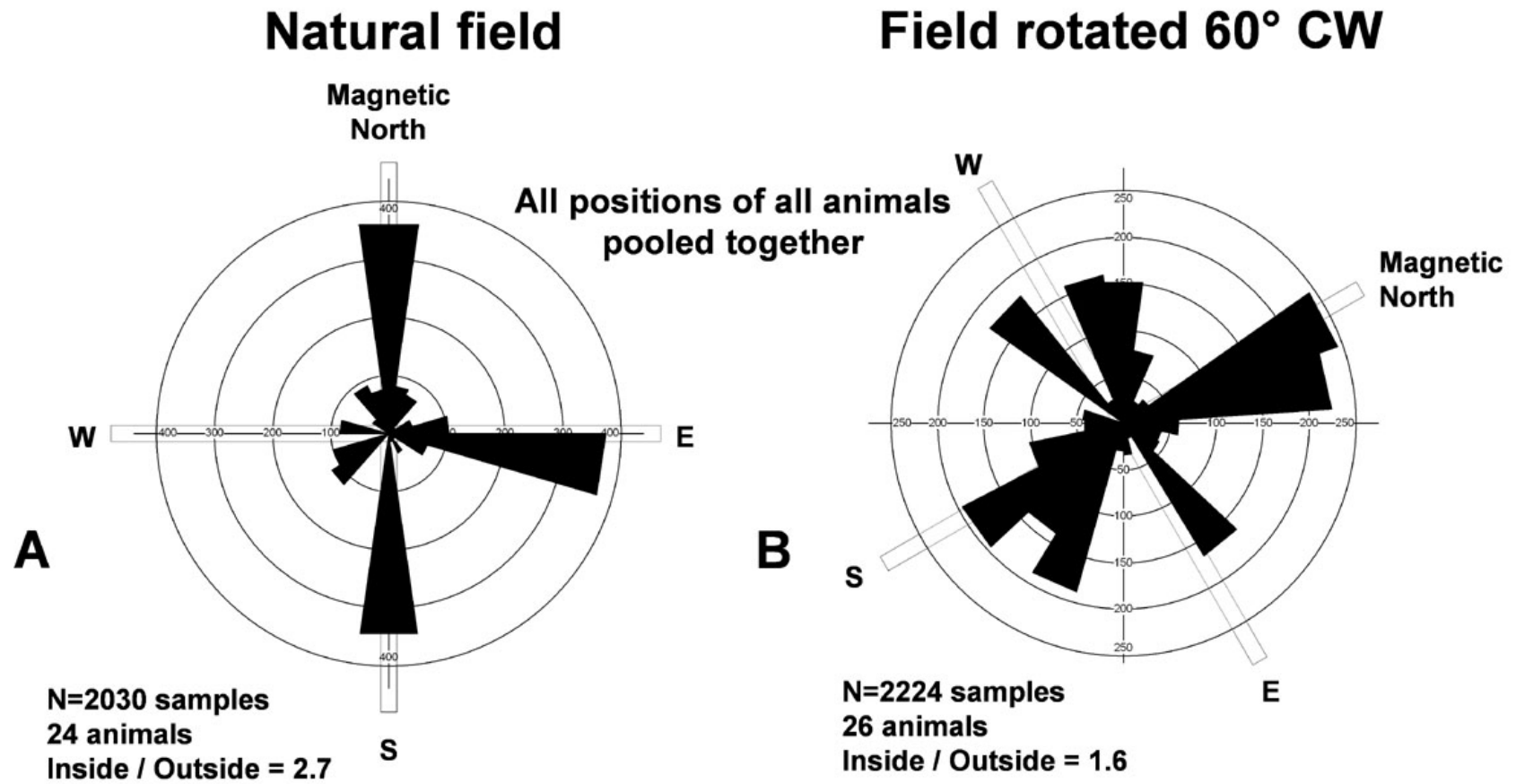
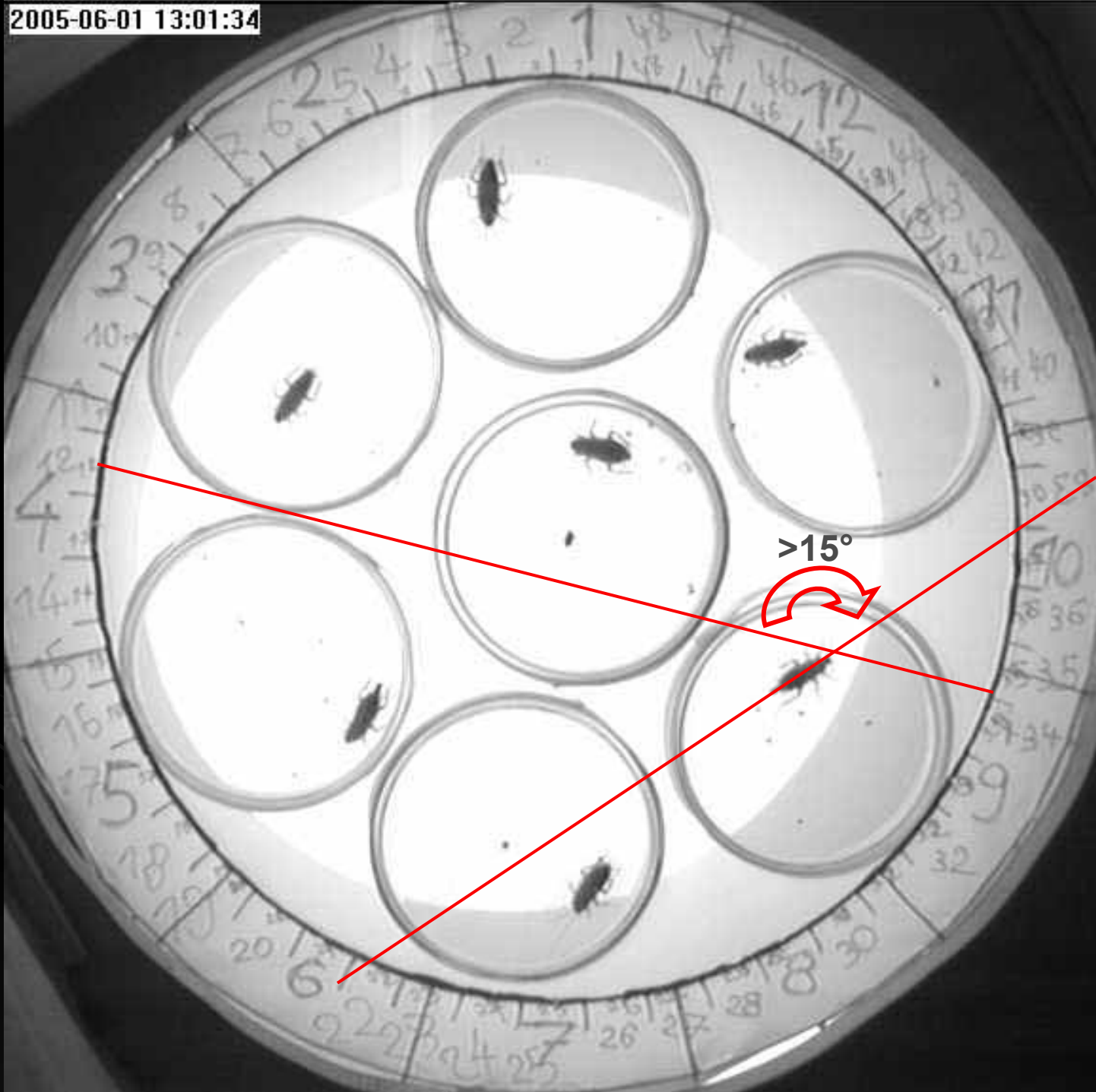


Fig. 1

B) Body turns in rotating field

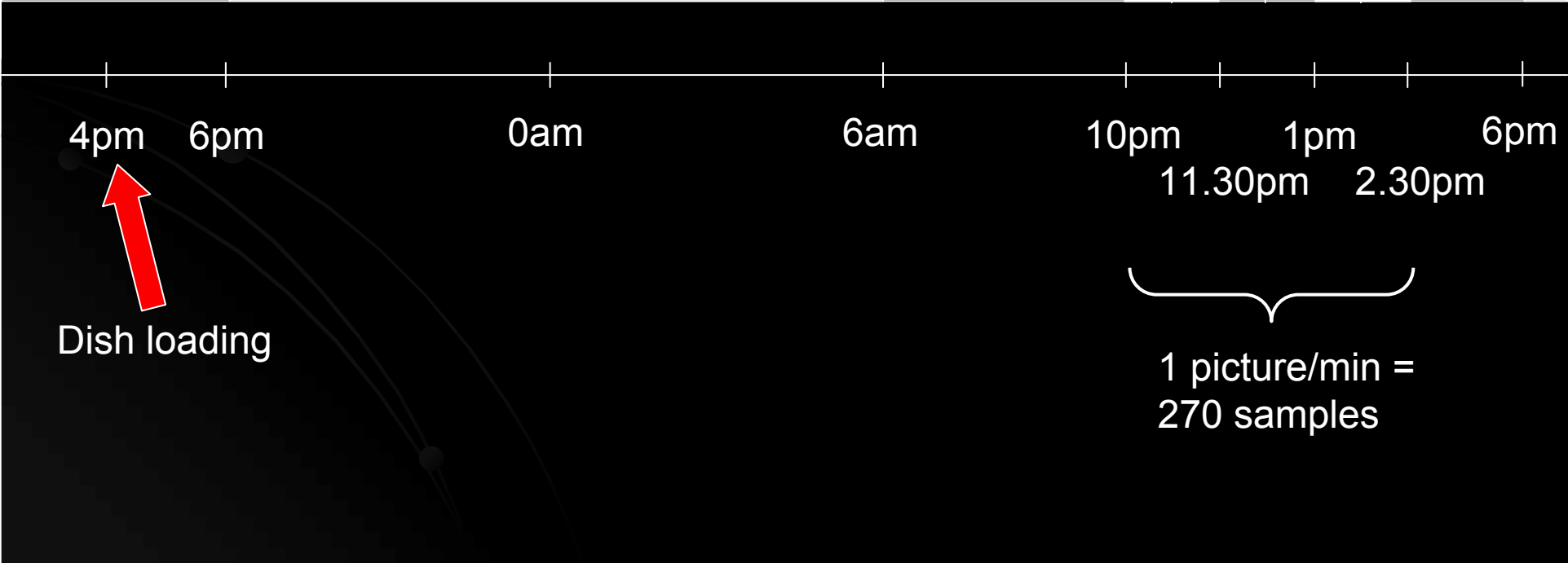


2005-06-01 13:01:34



Time schedule:

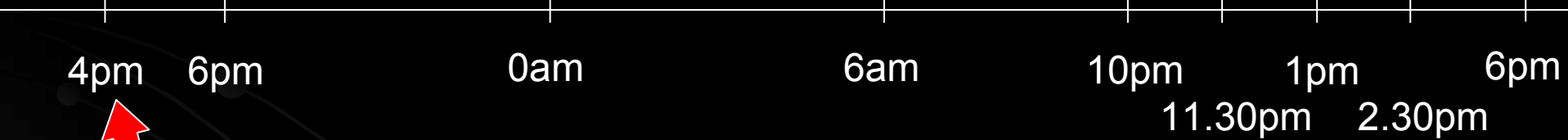
Control



Time schedule:

Test

GMF 60° CW rotation  
Pulses 5min/5min

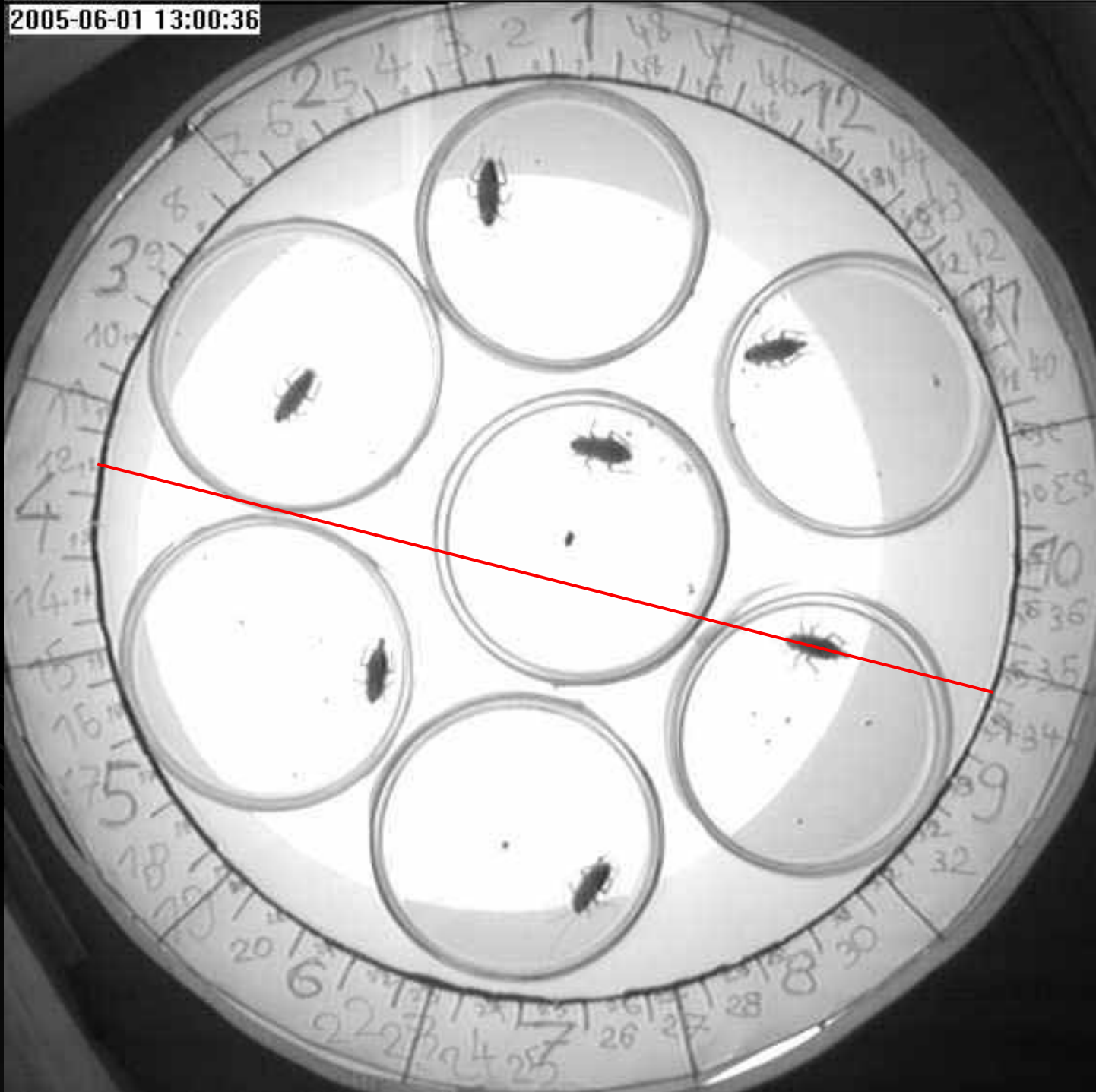


Dish loading

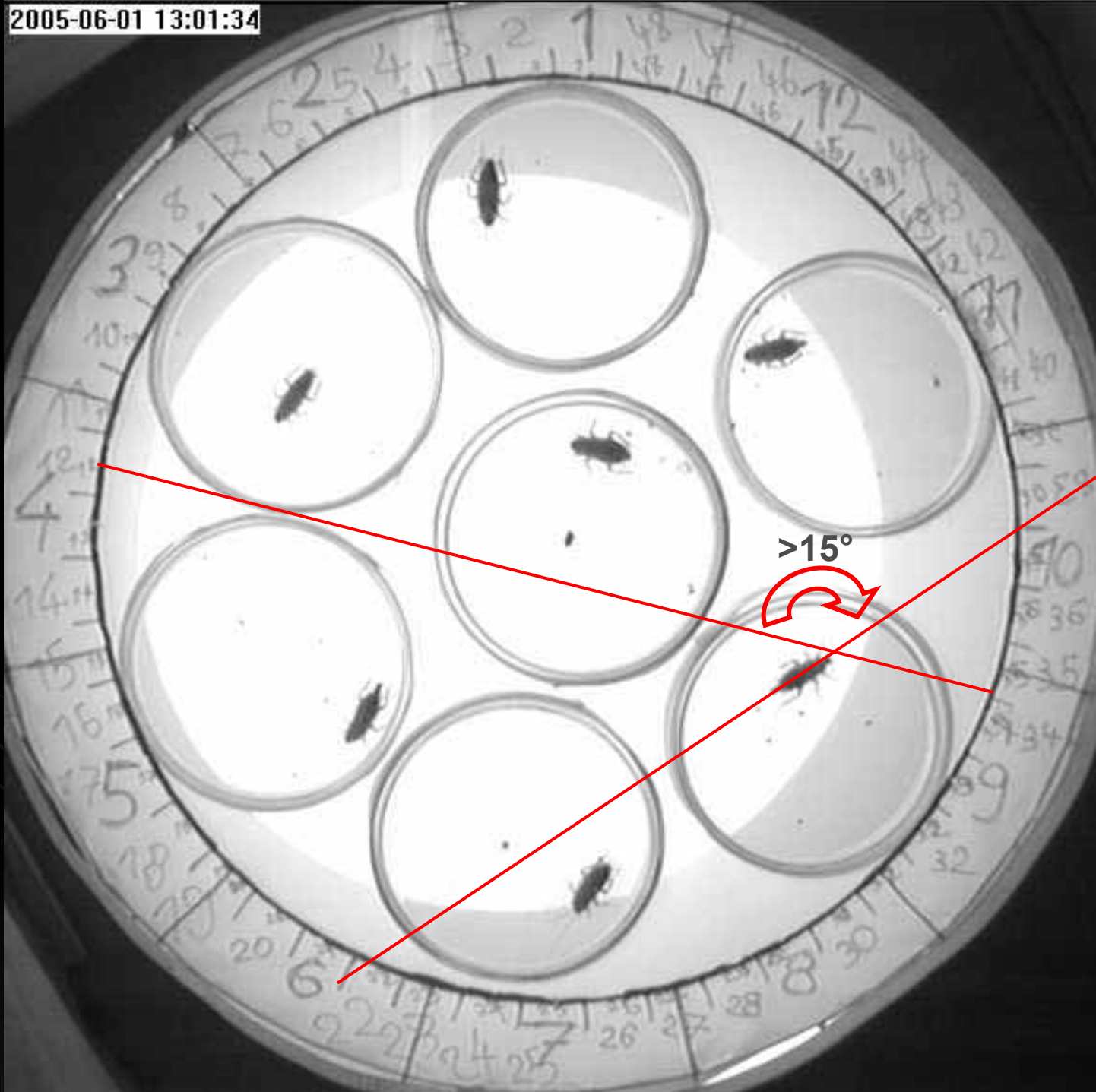


1 picture/min =  
270 samples

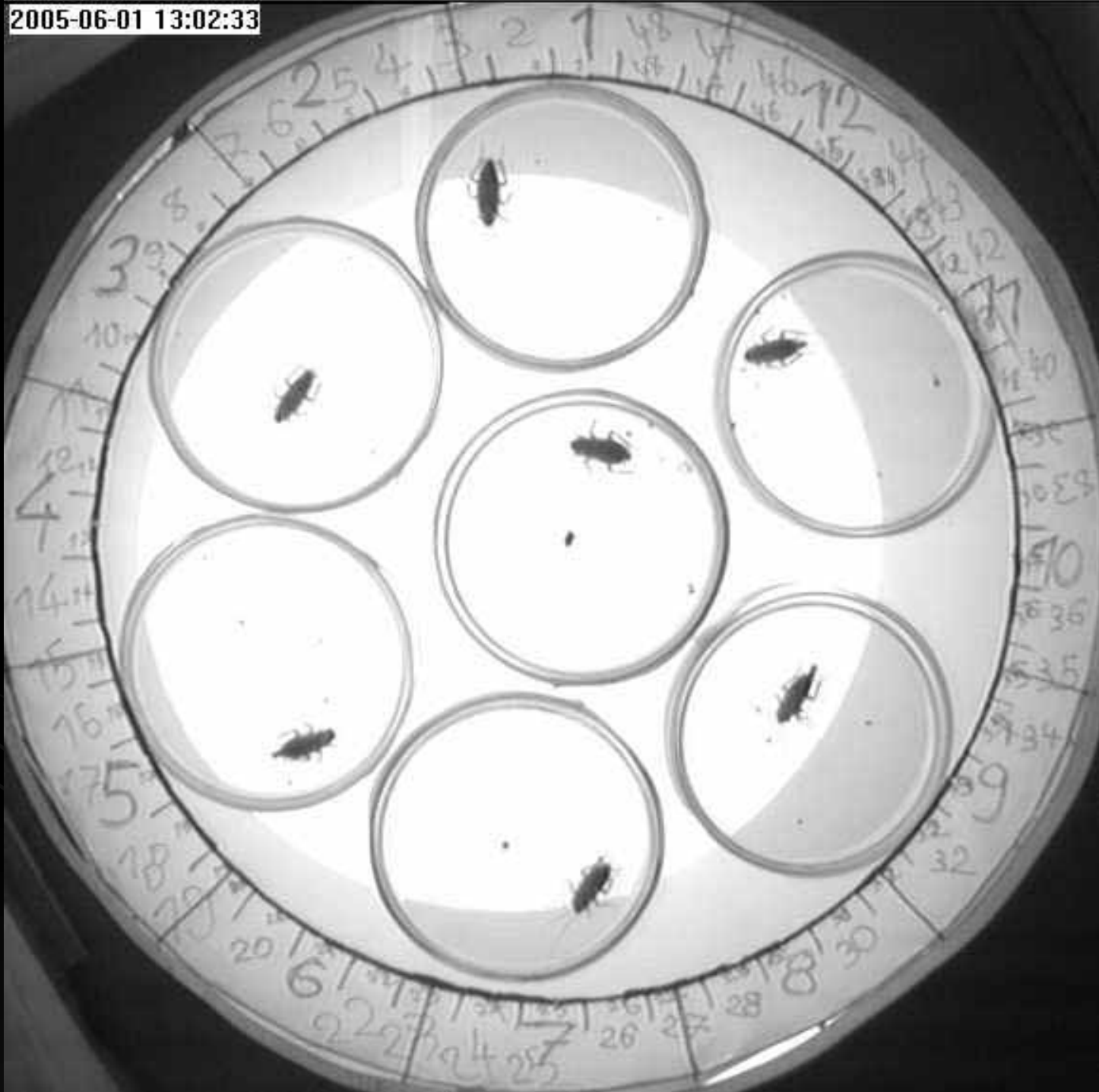
2005-06-01 13:00:36



2005-06-01 13:01:34

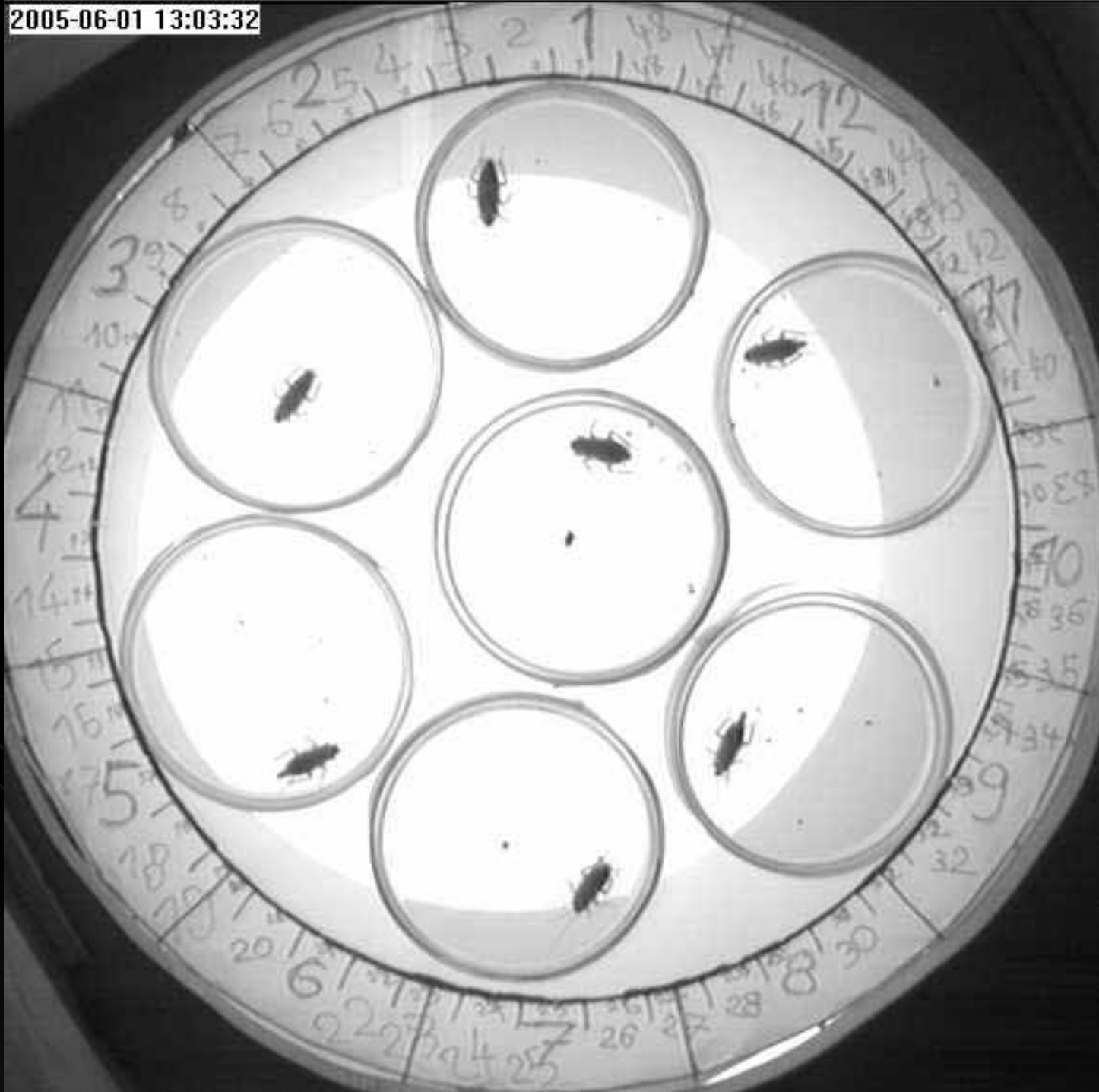


2005-06-01 13:02:33

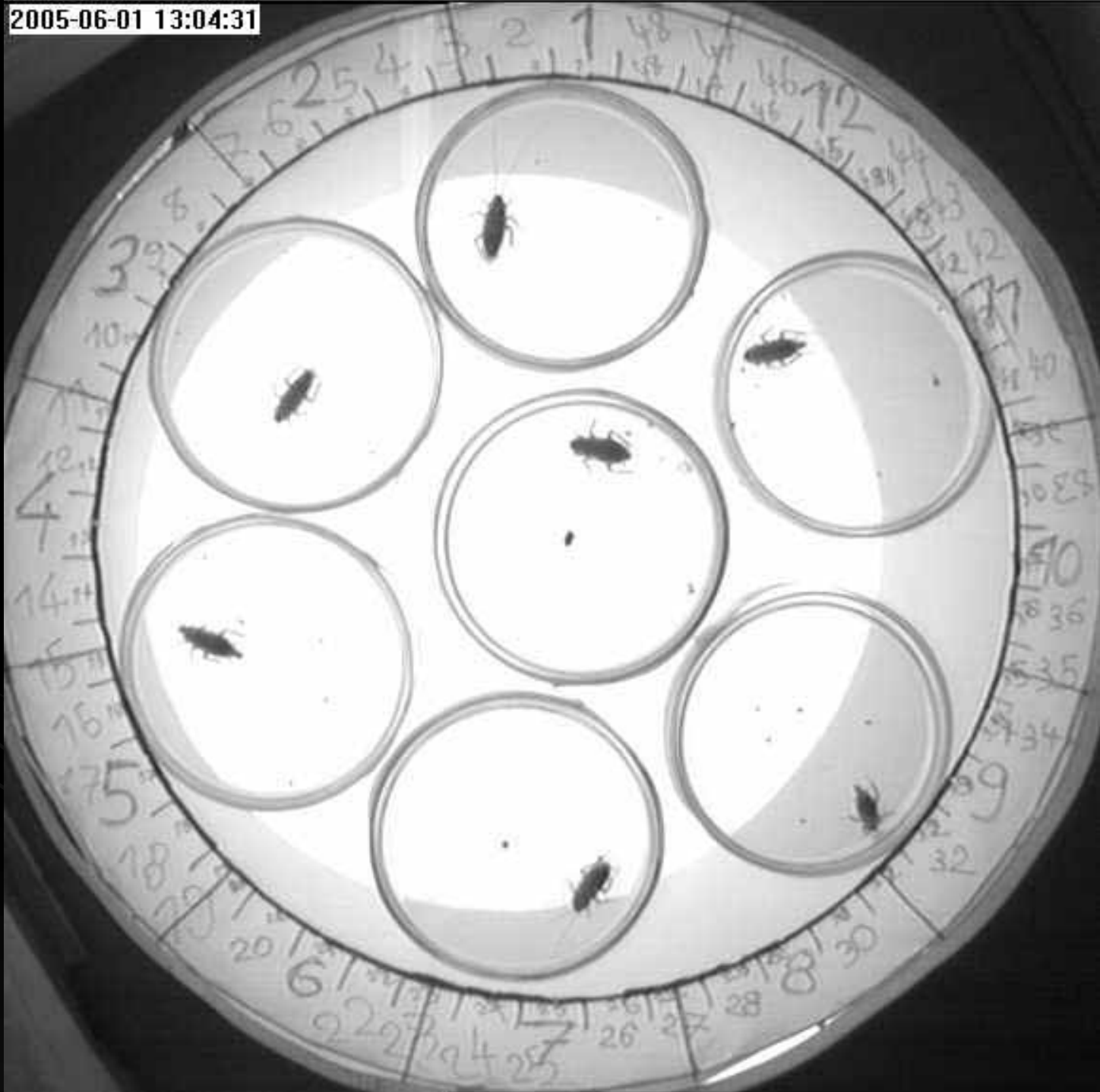




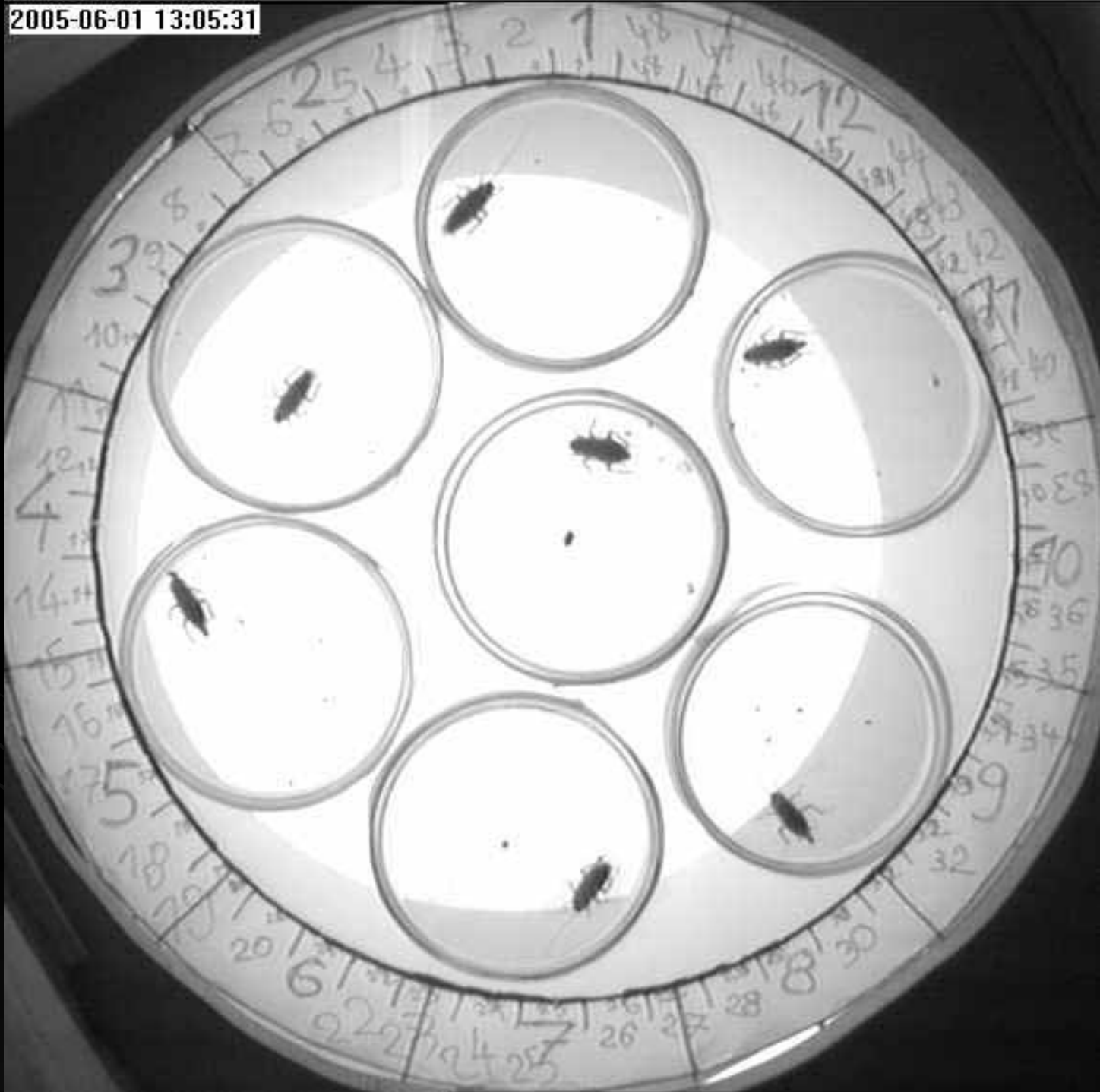
2005-06-01 13:03:32



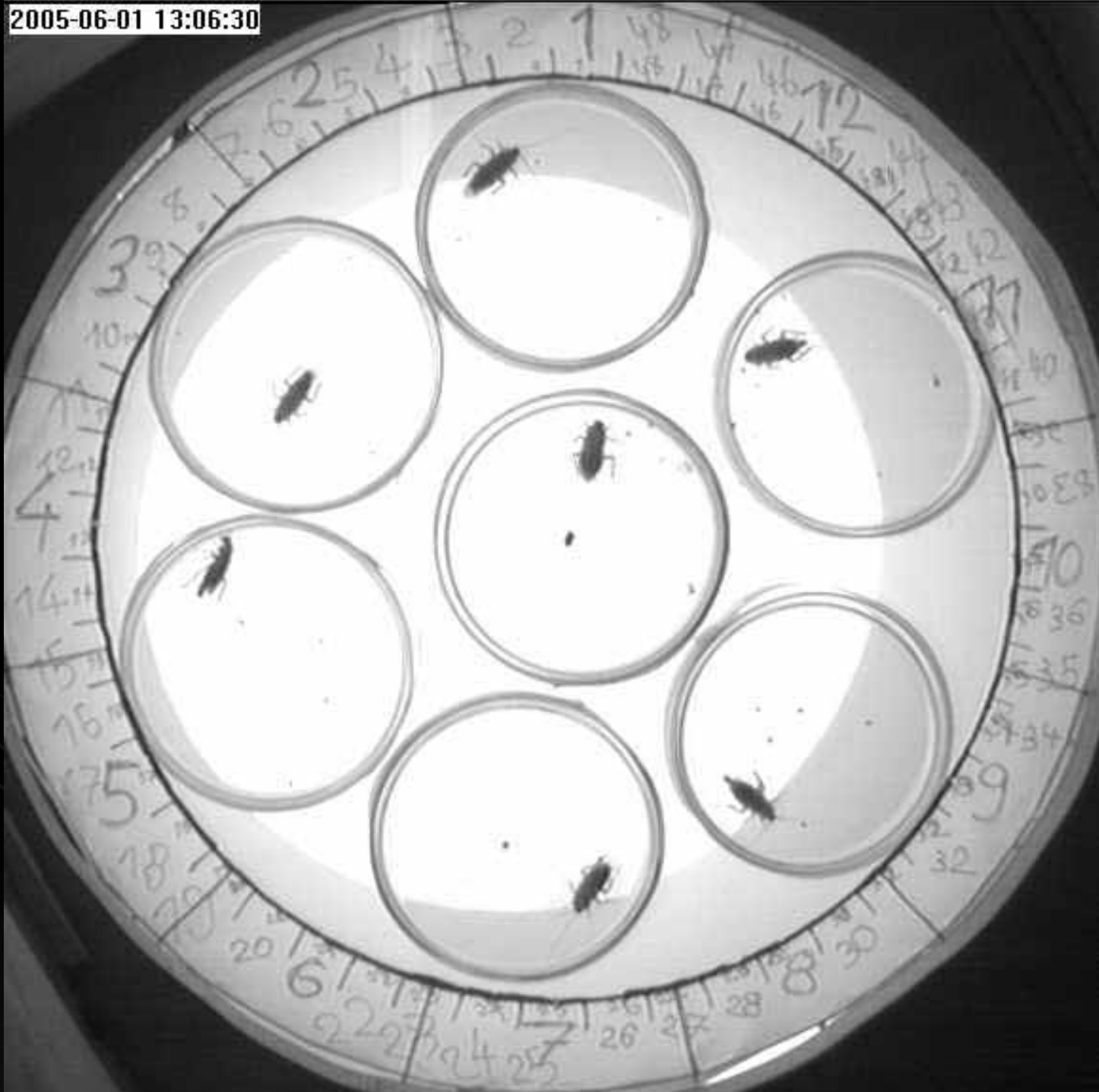
2005-06-01 13:04:31



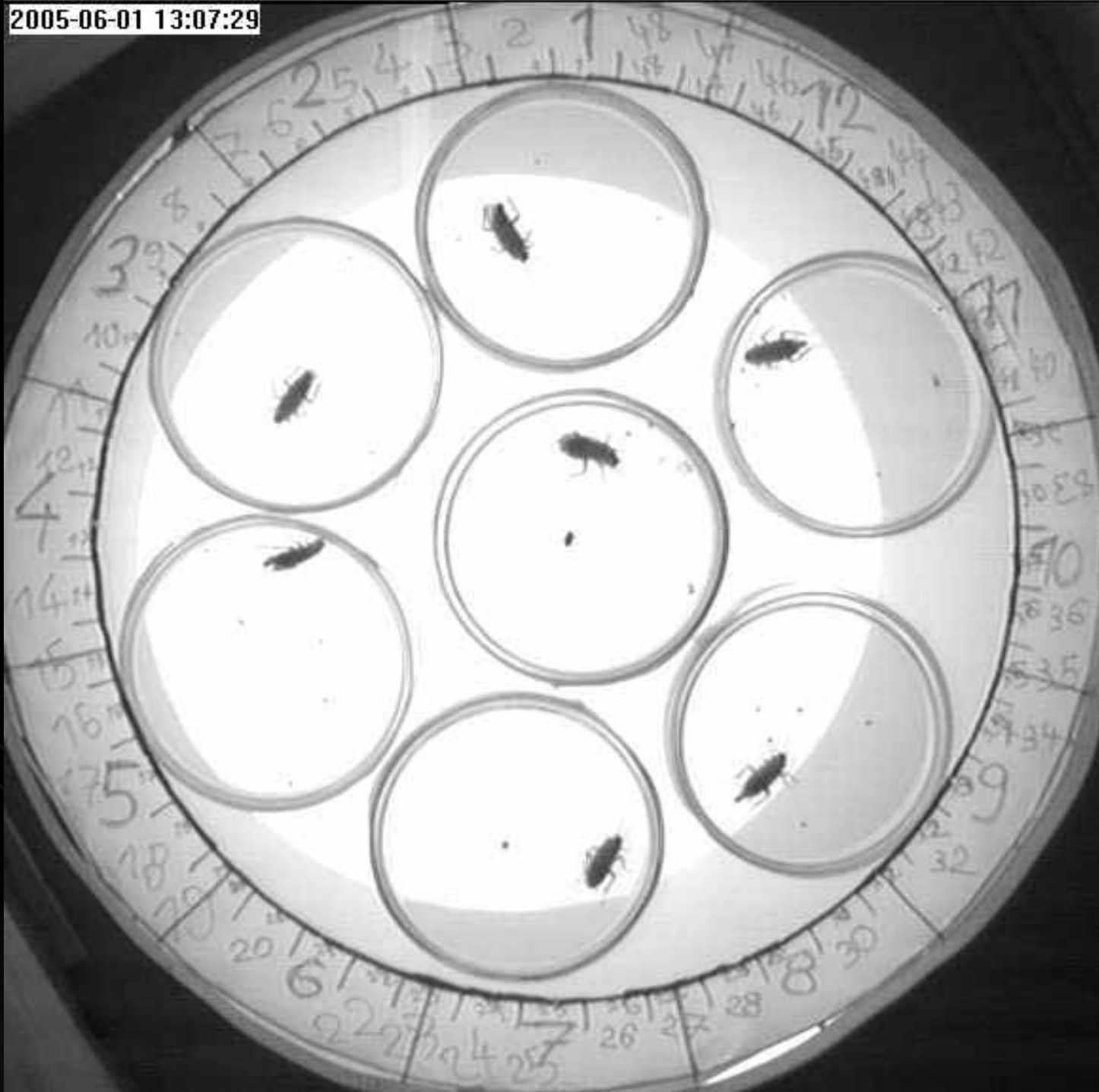
2005-06-01 13:05:31



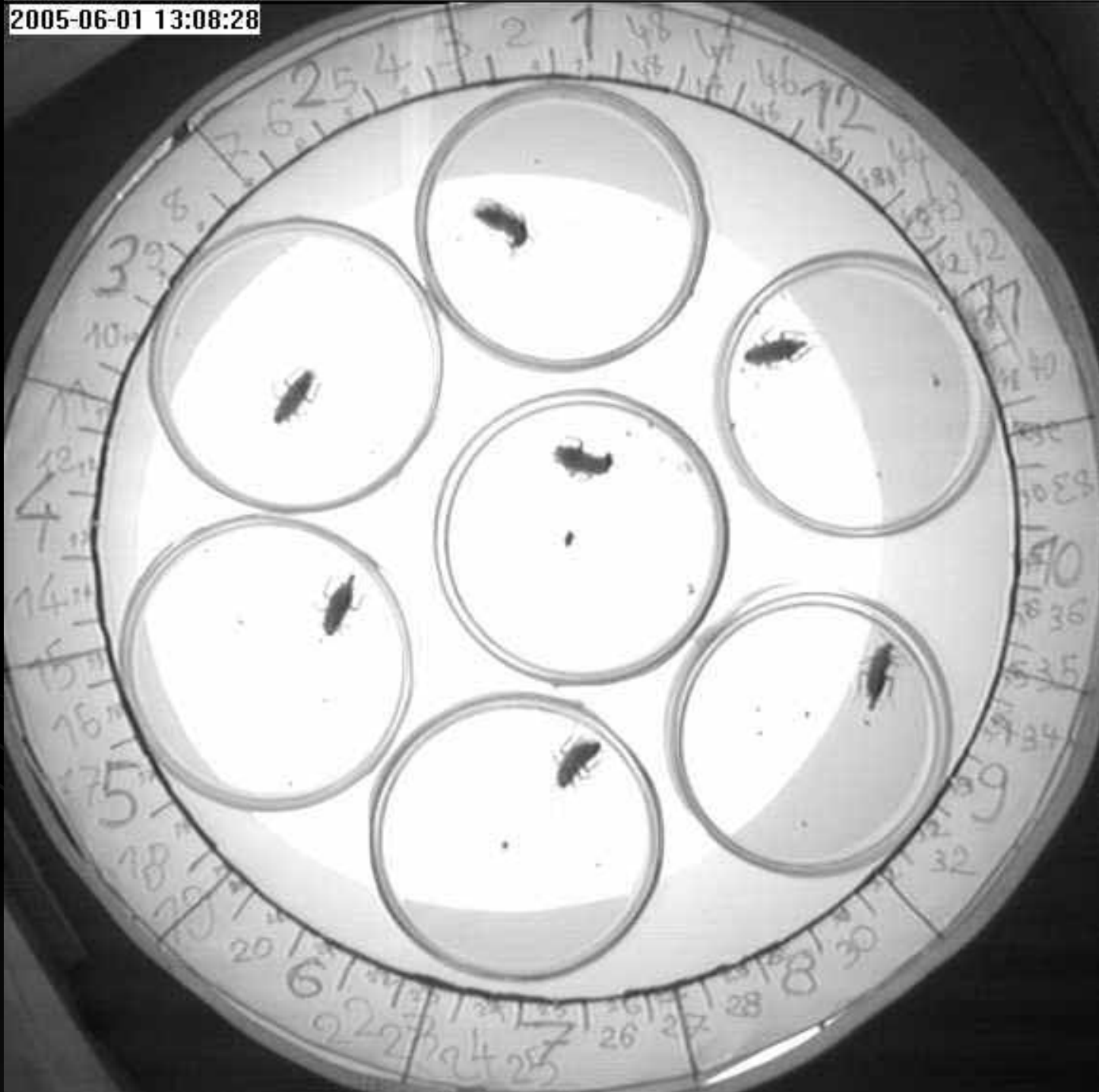
2005-06-01 13:06:30



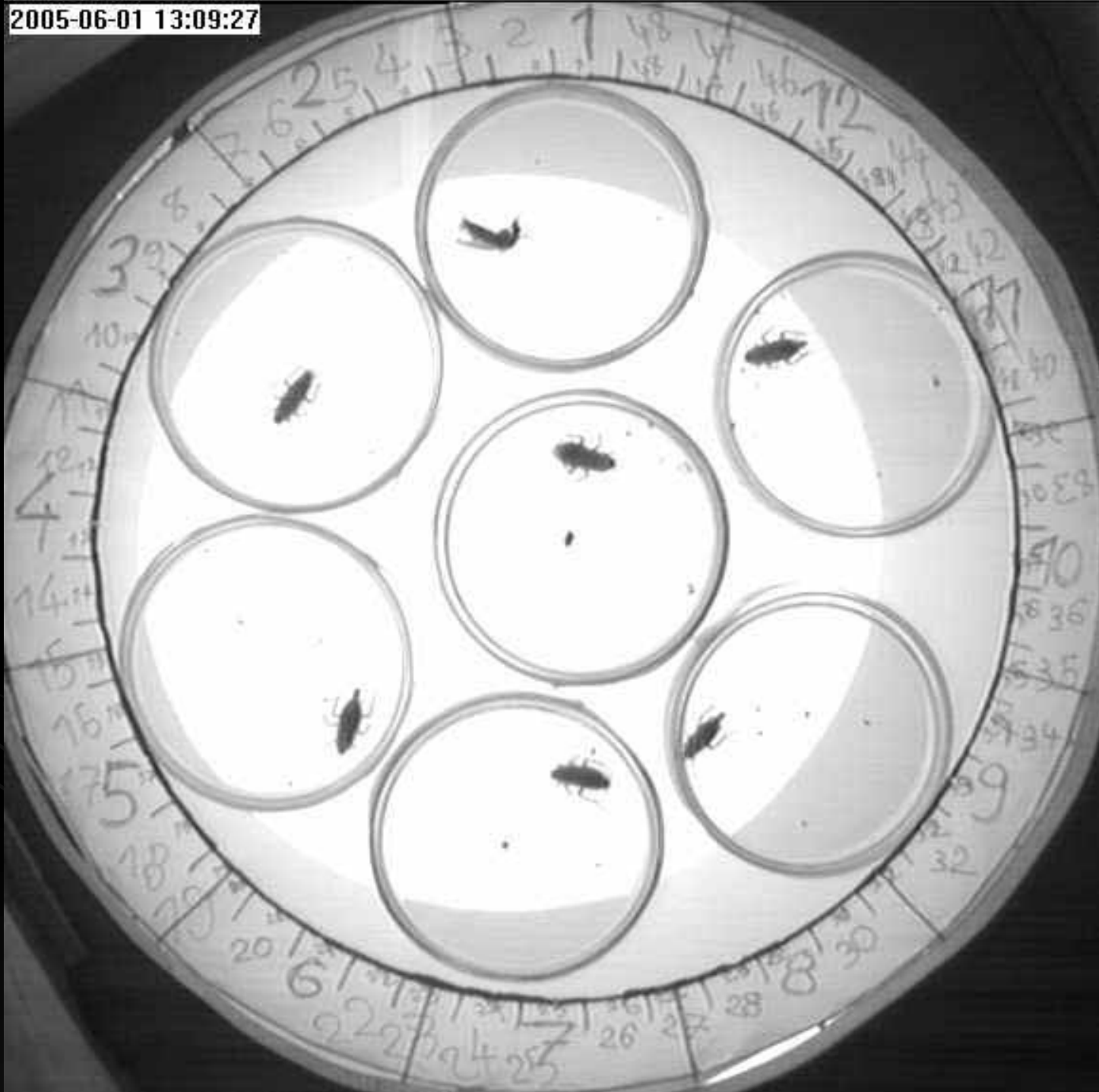
2005-06-01 13:07:29



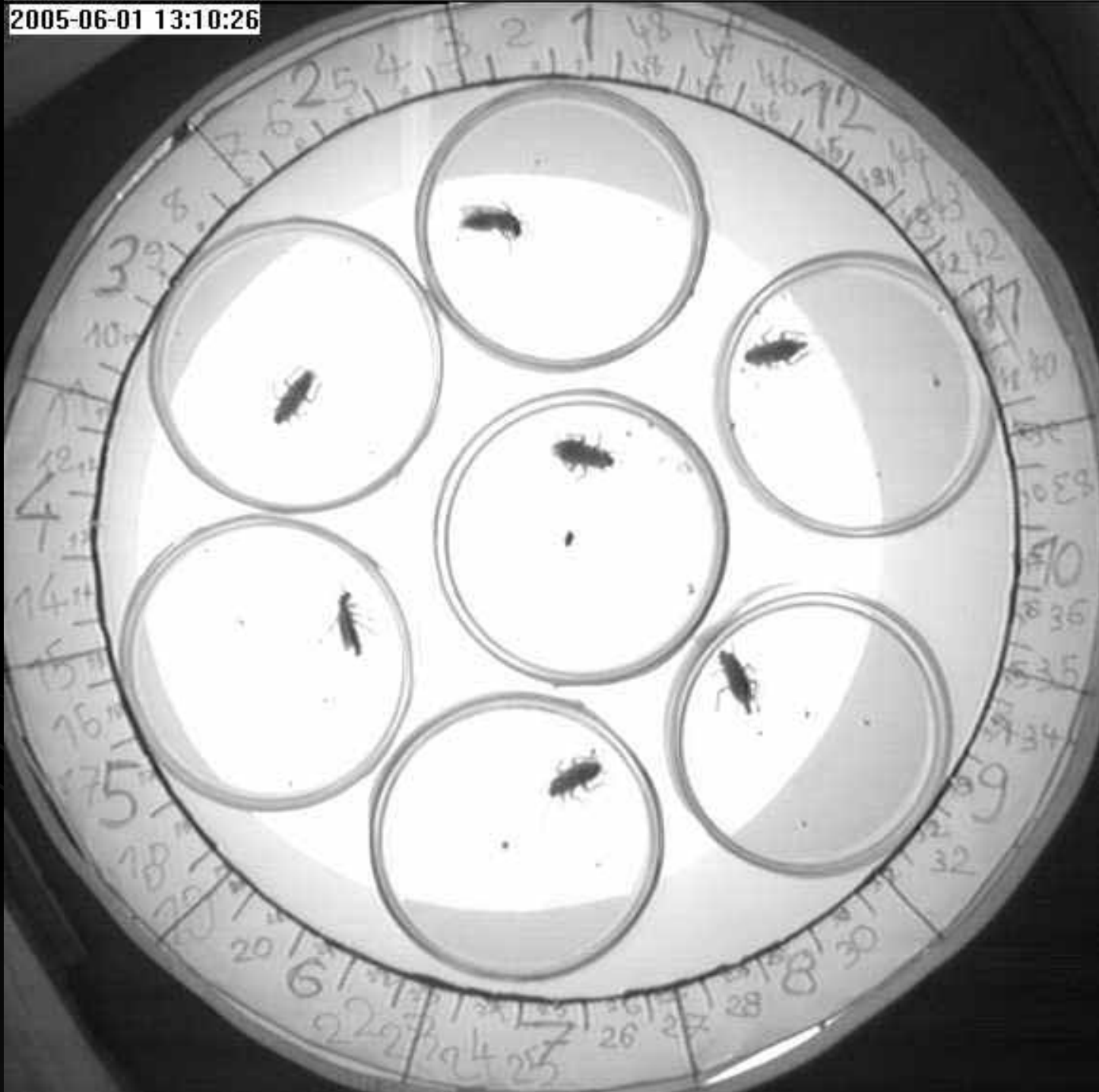
2005-06-01 13:08:28



2005-06-01 13:09:27

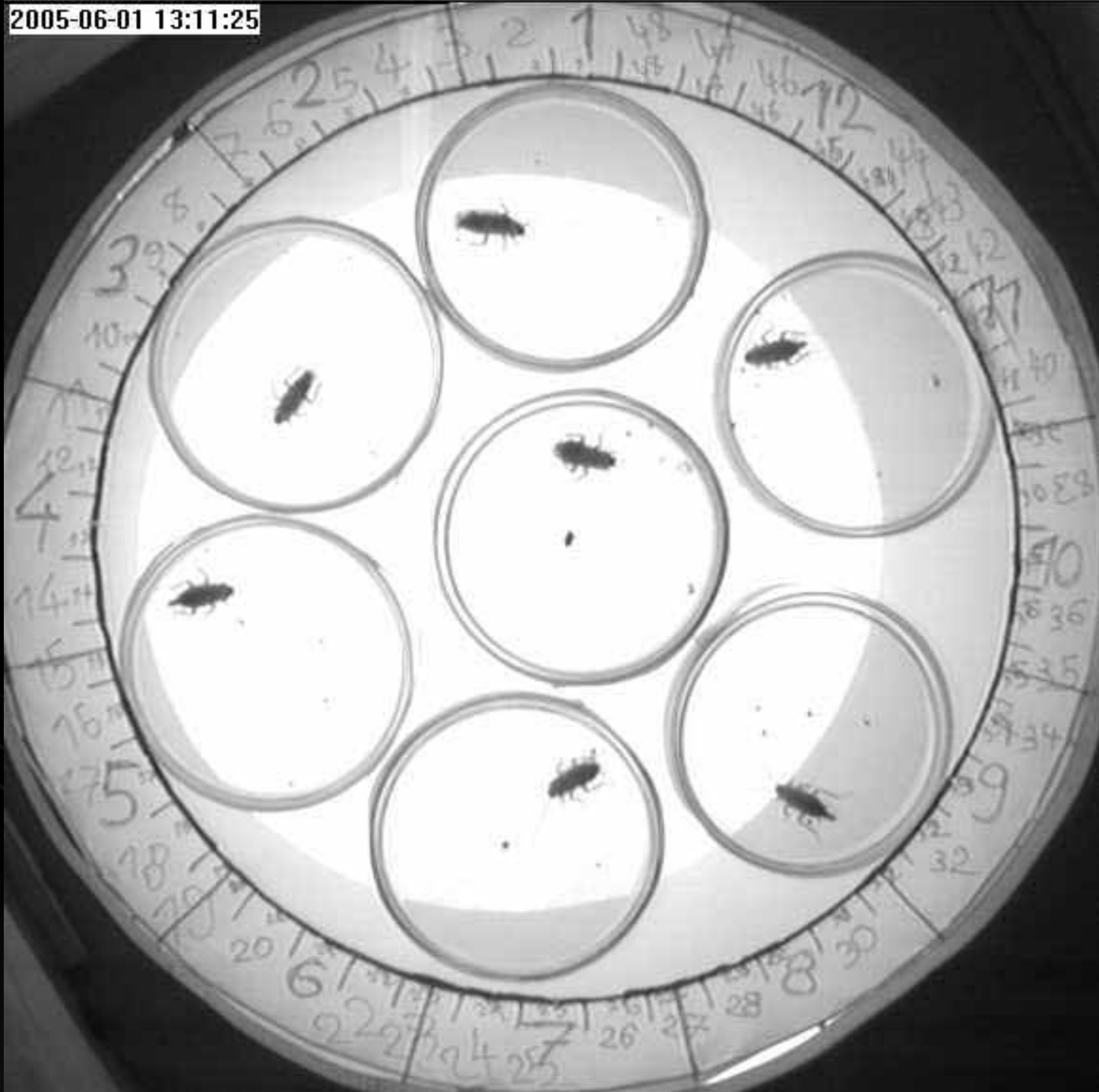


2005-06-01 13:10:26

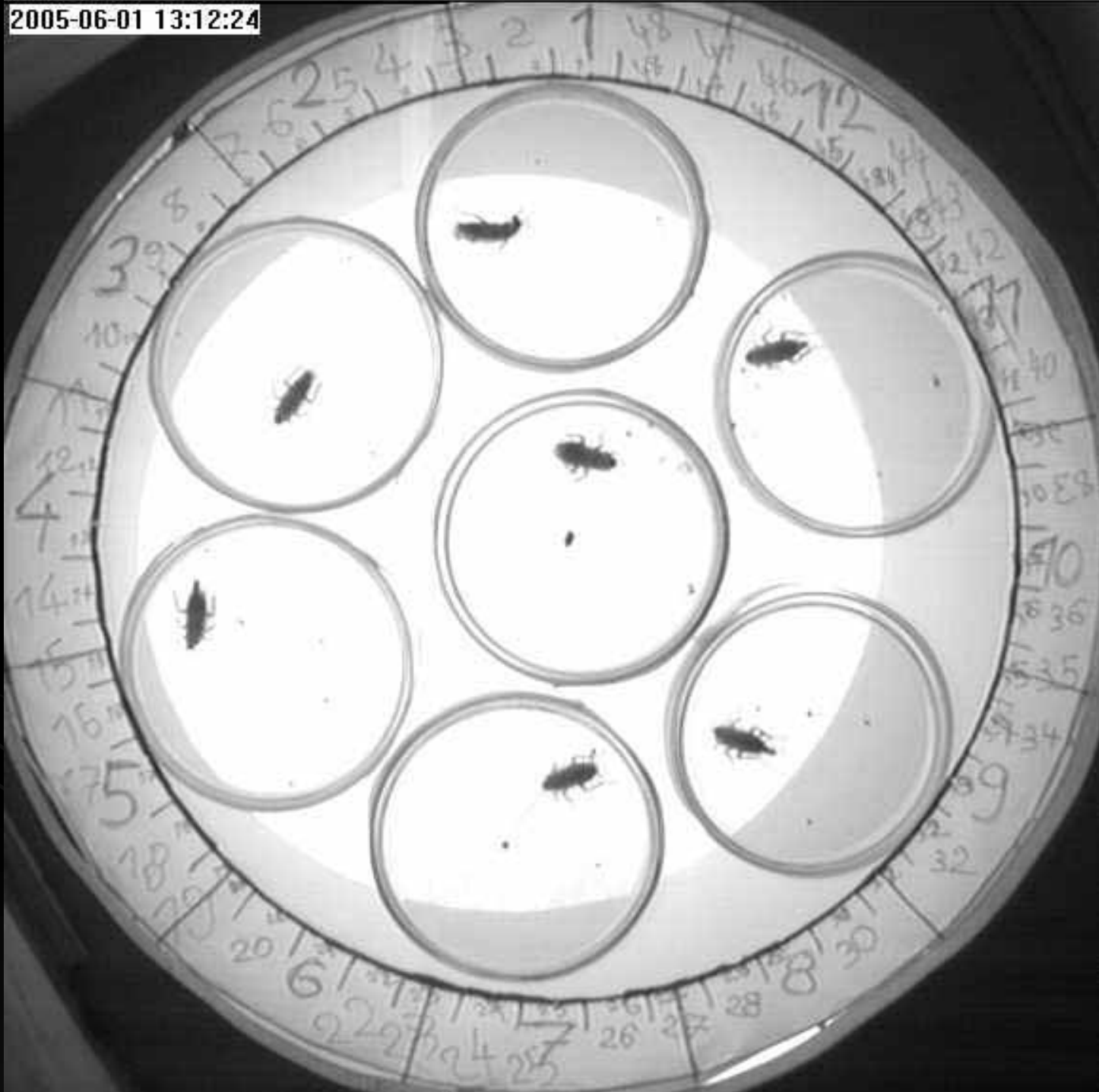




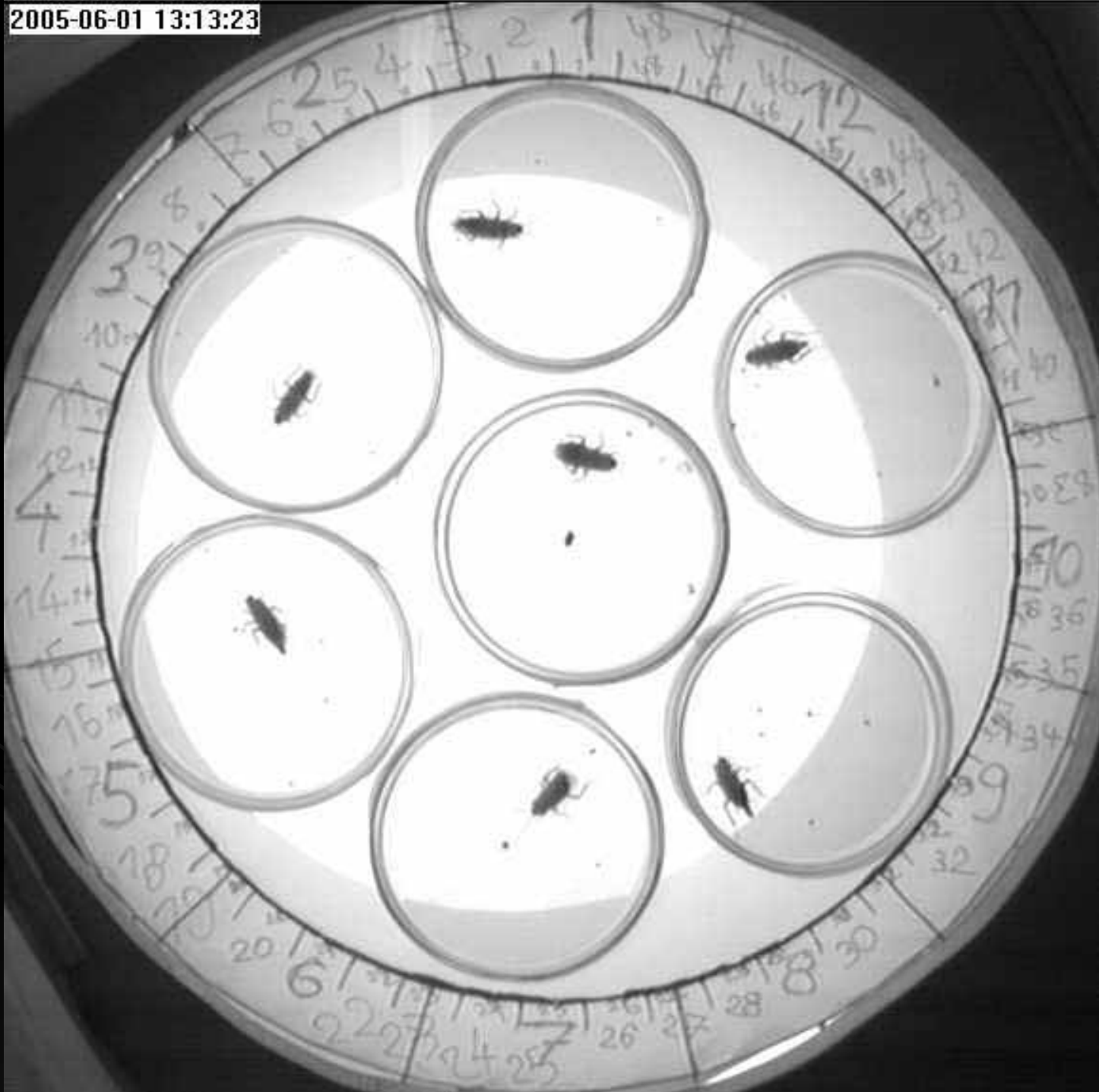
2005-06-01 13:11:25



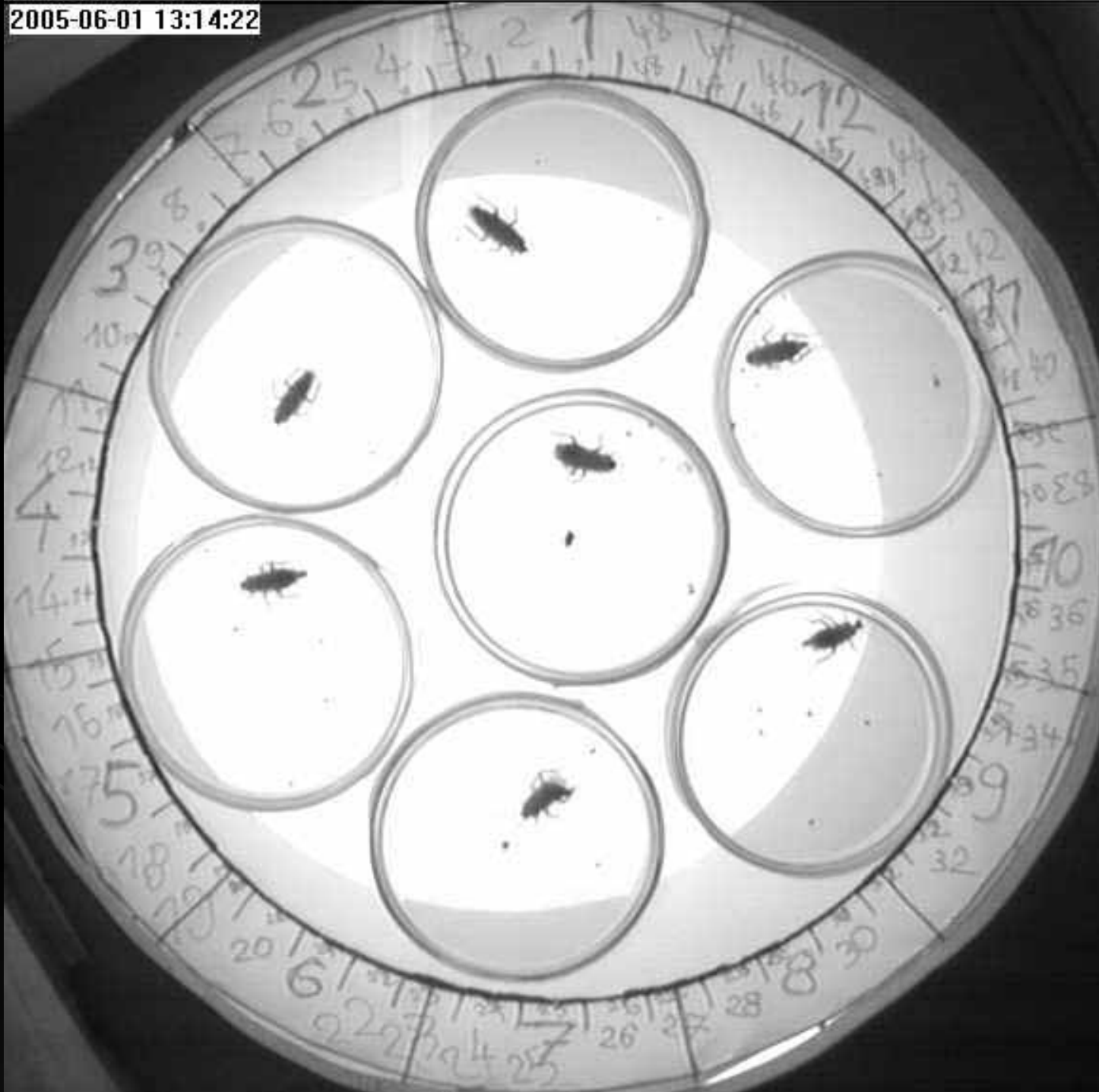
2005-06-01 13:12:24



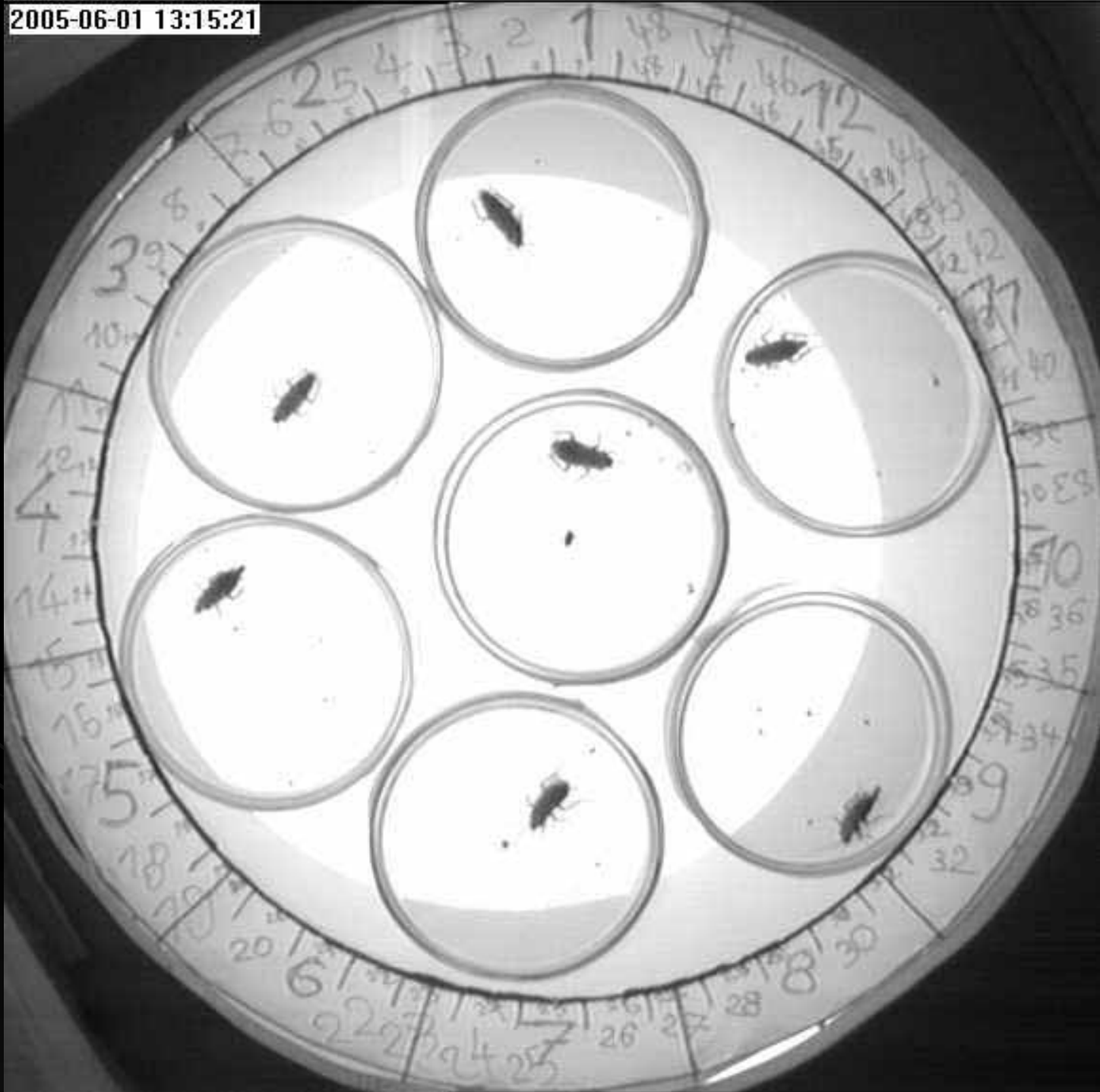
2005-06-01 13:13:23



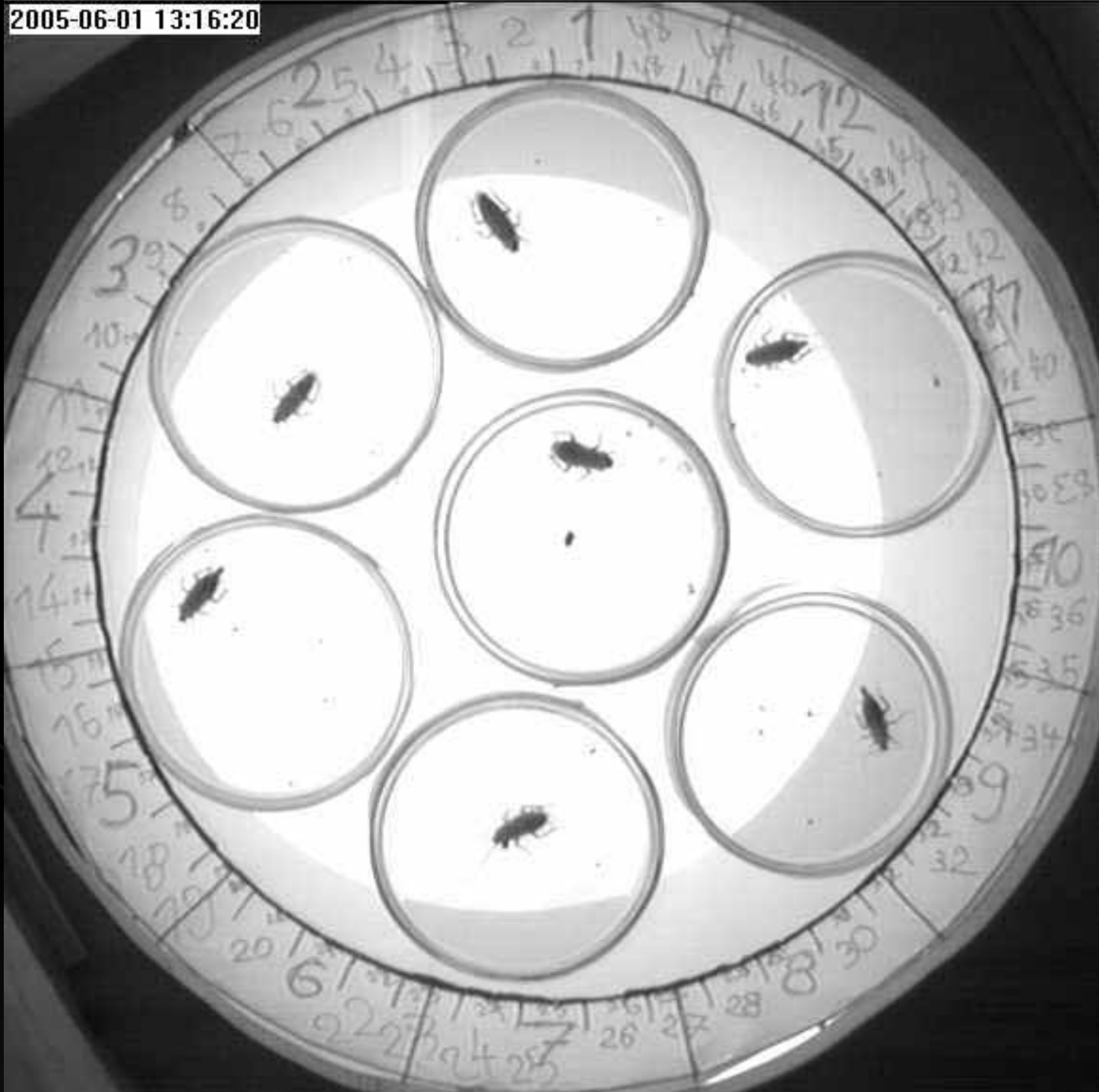
2005-06-01 13:14:22



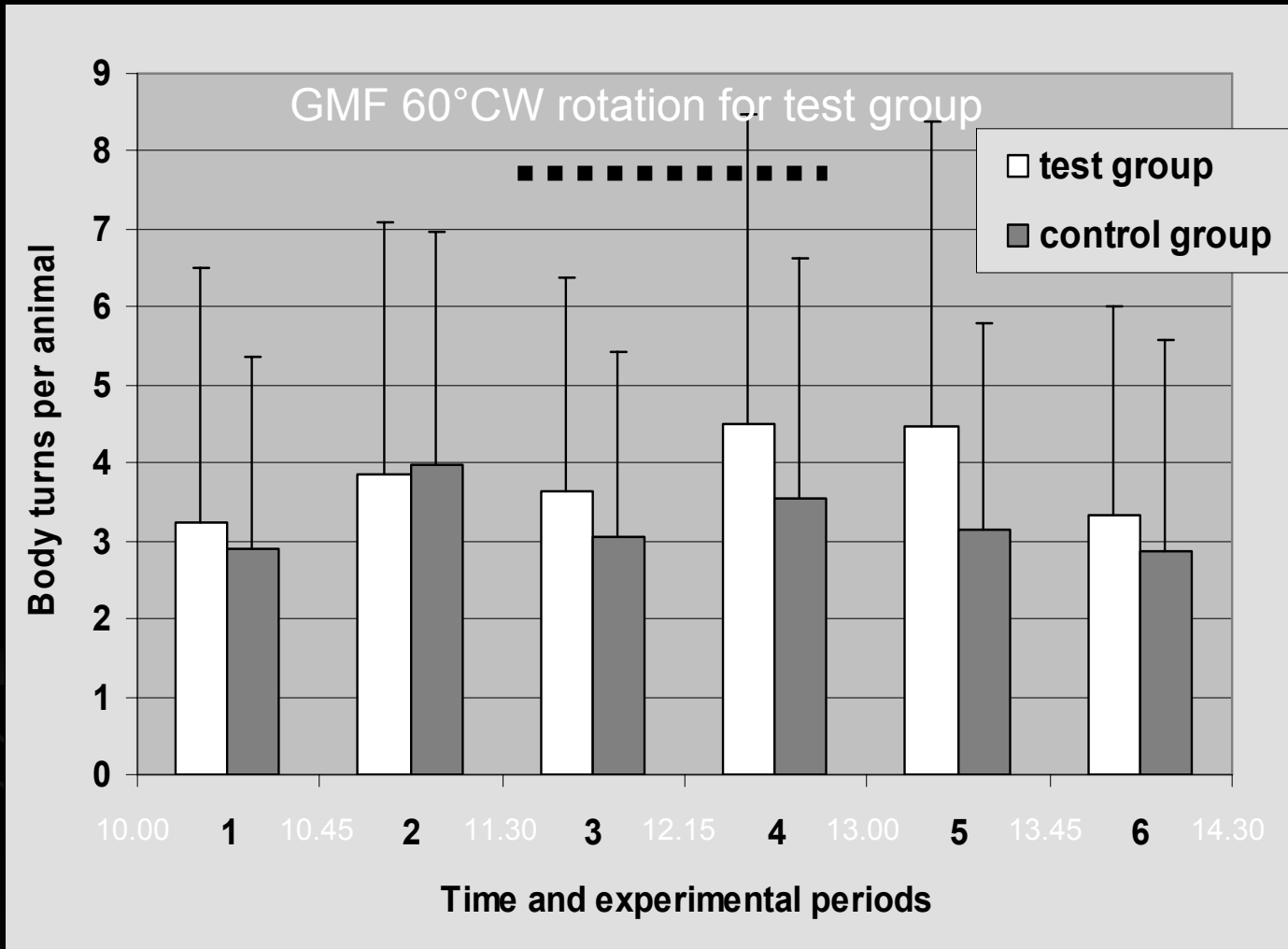
2005-06-01 13:15:21



2005-06-01 13:16:20

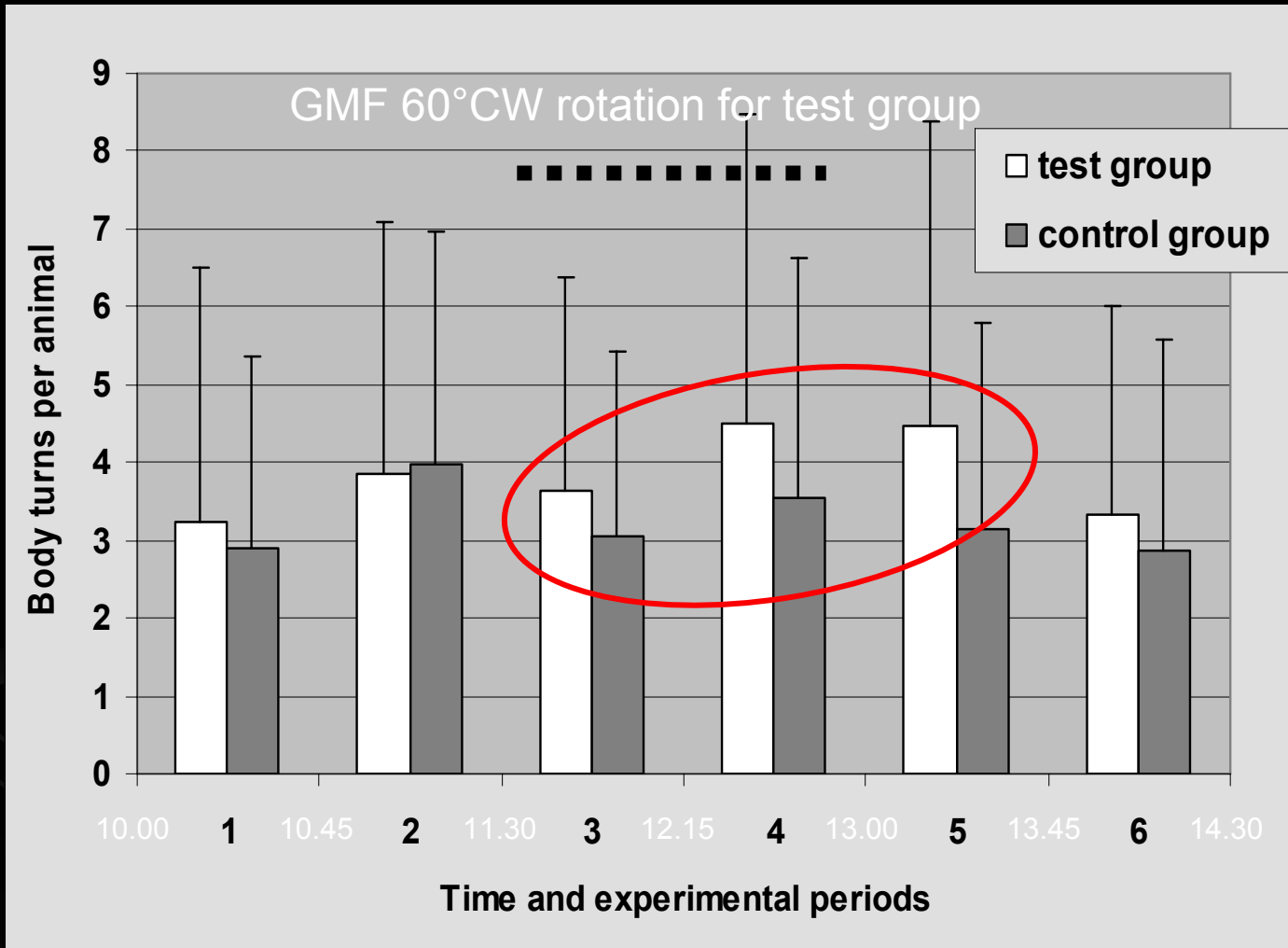


# Results:



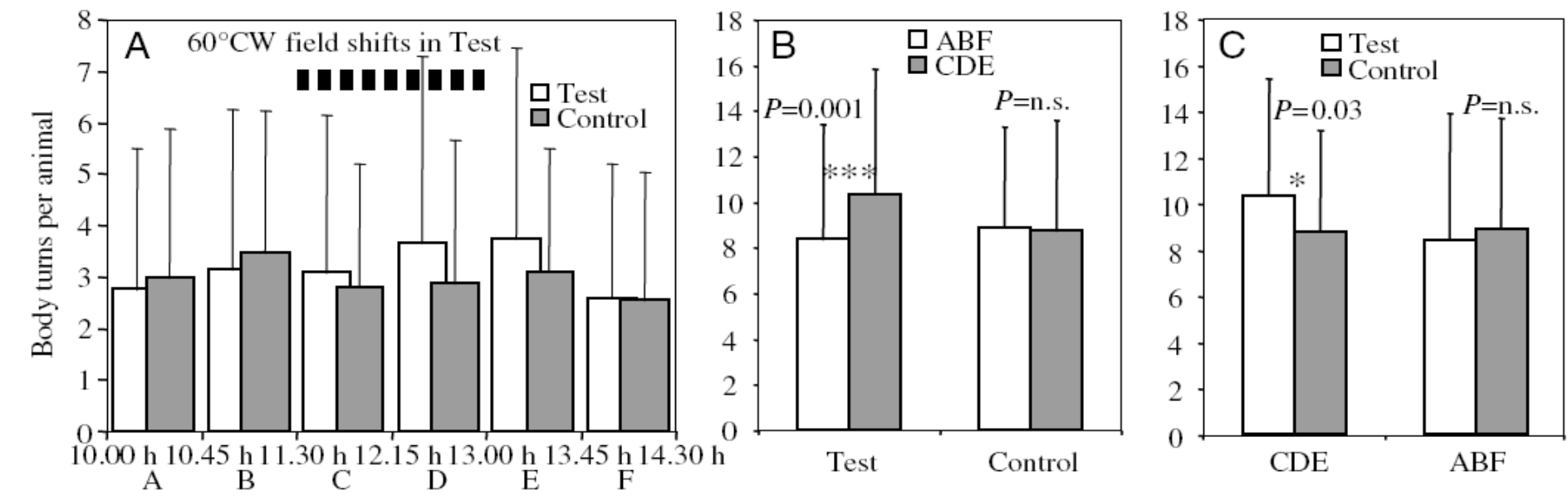
(n=62/66)

# Results:



(n=62/66)



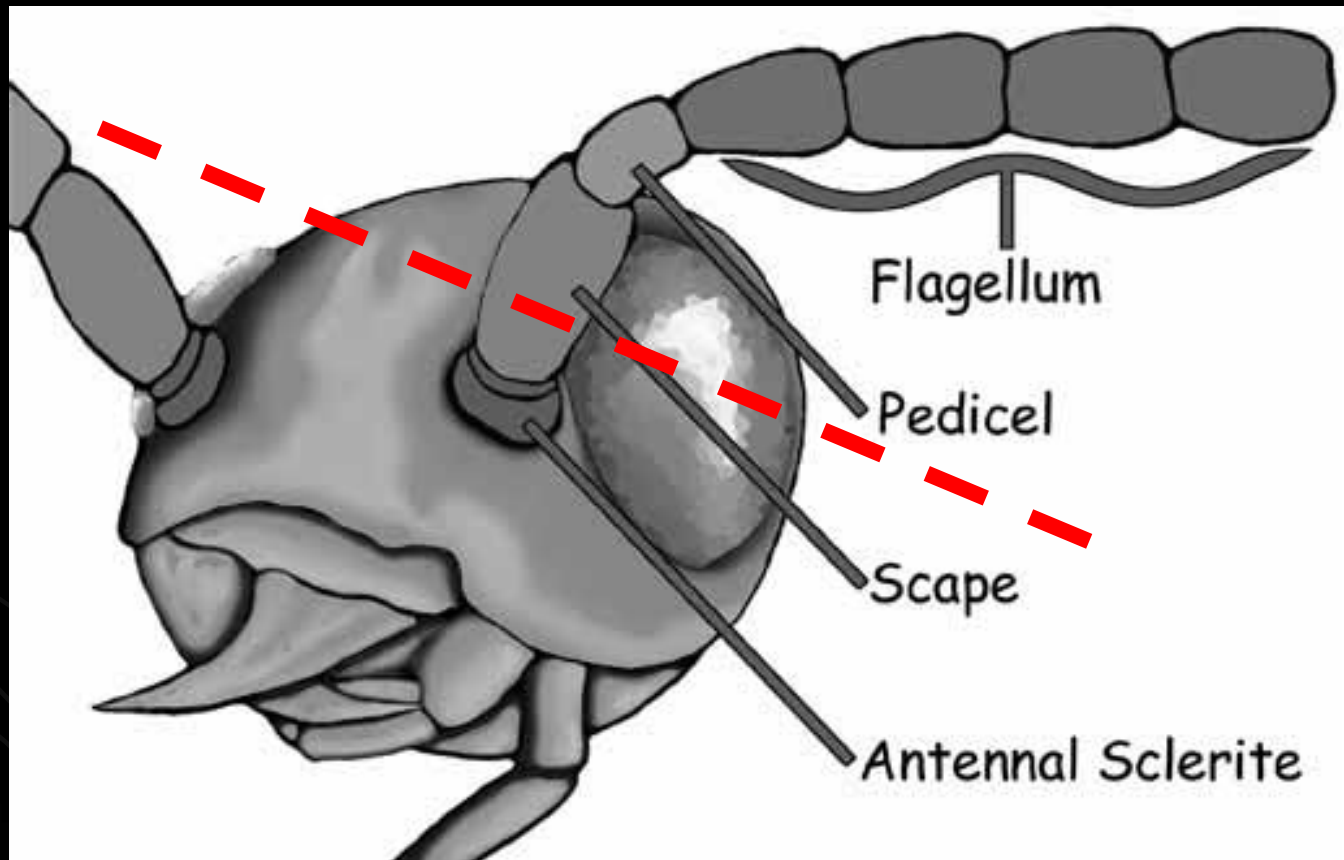


Kandidát na receptor ?

*Periplaneta americana*



# Amputace tykadel



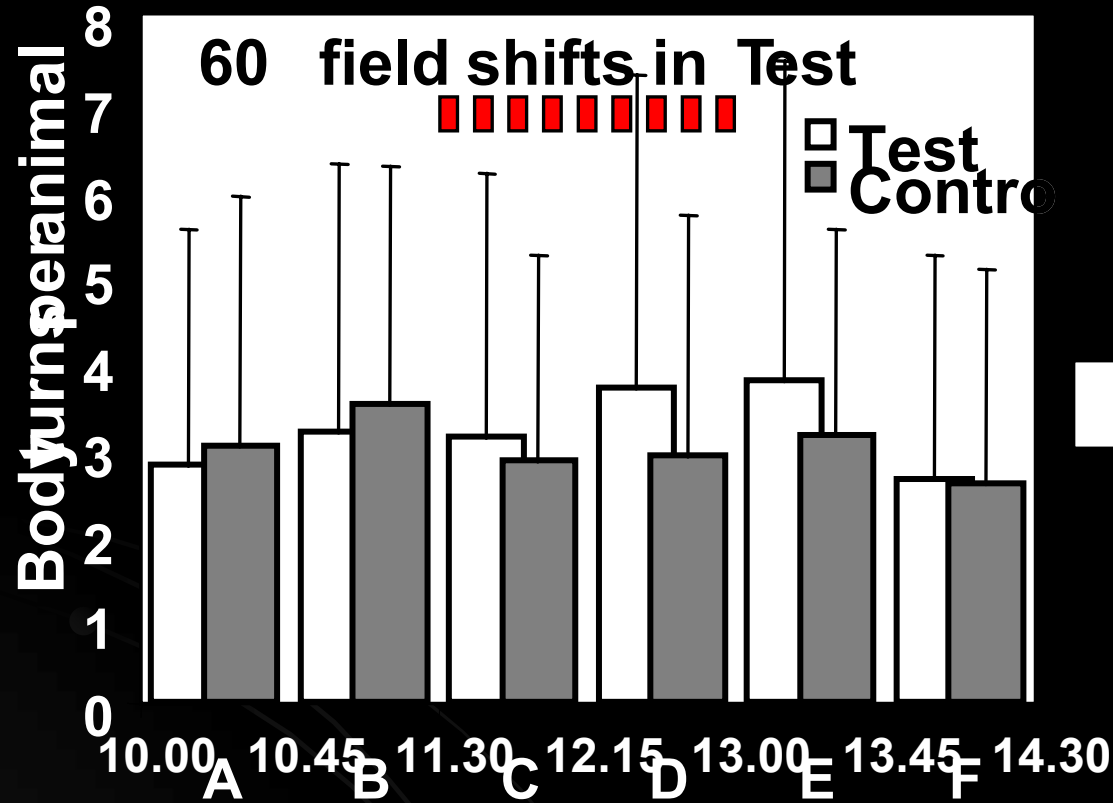
# Amputace tykadel



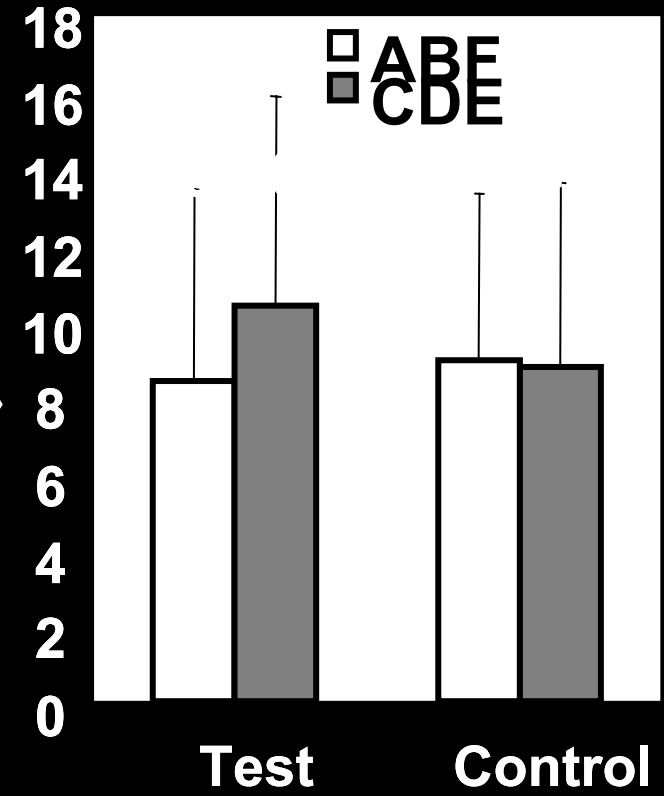
Po týdnu



# Rotace pole zvýší neklid periplaneta americana



A)

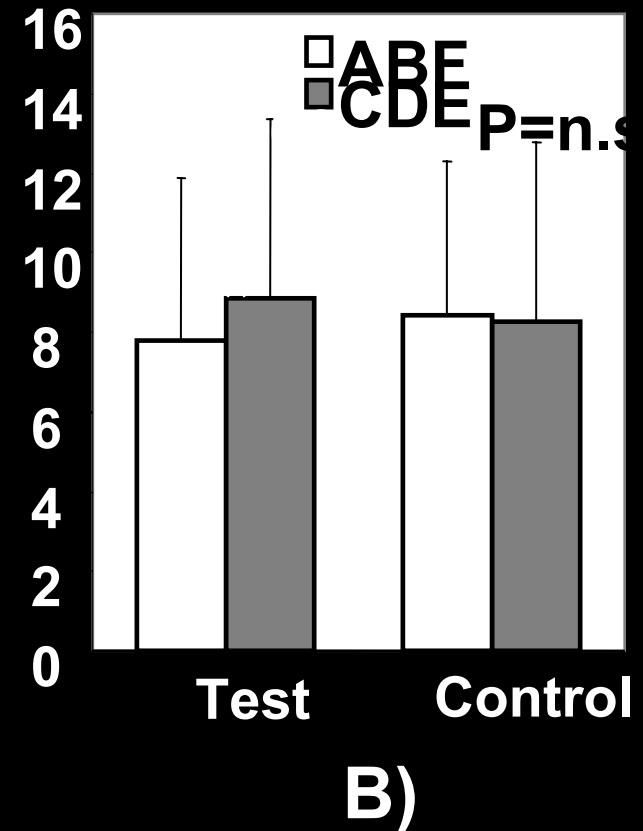
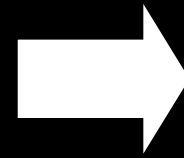
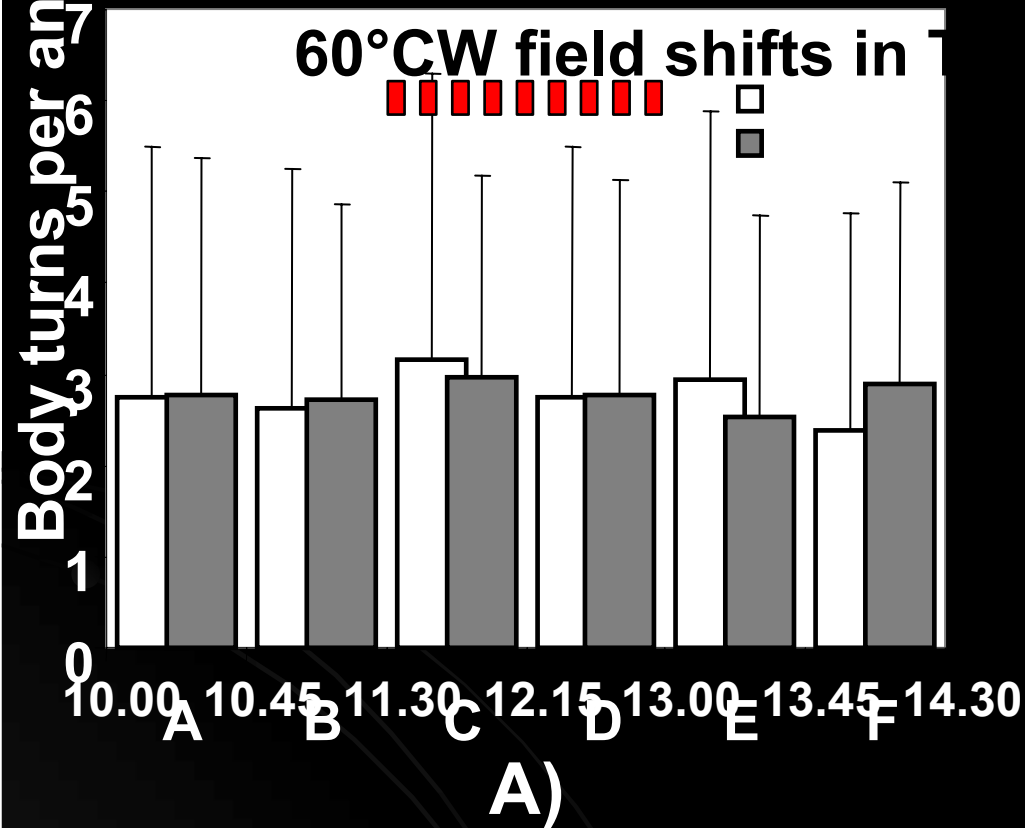


B)

# Amputace tykadel:

- Ztráta sensitivní reakce – receptor je v tykadlech nebo nespecifický vliv stresu
- Zachování reakce – receptor není v tykadlech

# Rotace pole zvýší neklid *Periplaneta americana* i bez tykadel



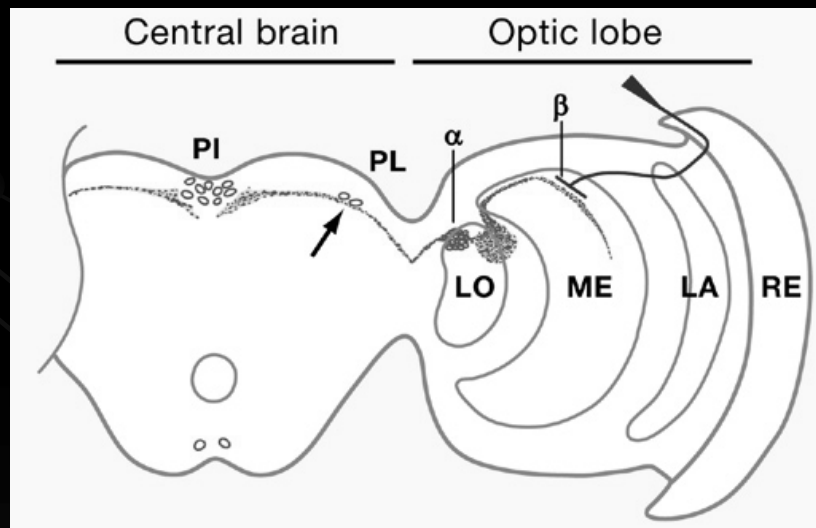


## ZÁVĚR:

- Bezobratlí jsou vděčným neuroetologickým modelem.
- Podmiňování je užitečným nástrojem smyslové fyziologie a neurofyziologie.
- Bezobratlí pomáhají odhalit tajemství magnetorecepce

# Projekt kryptochromy

- Metody reverzní genetiky – iRNA
- Chirurgie – léze, ablace
- Imunohistochemie



Děkuji za pozornost.

