

物理知识在医疗器械中的应用

向治 鲁信

随着近代物理学和计算机科学的迅速发展,人们对生命现象的认识逐步深入,物理学的基础和方法在医学研究和实践中也越来越广泛。本文精选一组与医疗器械有关的问题加以说明。

电子血压仪

测量血压的电子血压仪有一个压力传感器,薄金属片 P 固定有 4 个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 ,图 1 是它的侧面图,这 4 个电阻连接成图 2b 的电路。

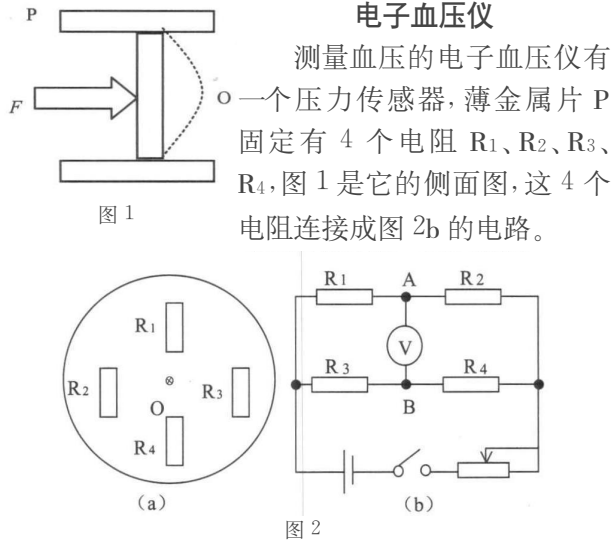


图 2

开始时,金属片中央 O 点未加任何压力,欲使电压表无示数, A、B 两点等势,达到电桥平衡,则 4 个电阻应满足 $R_1 R_4 = R_2 R_3$ 。当 O 点加上压力 F 后发生形变,金属片发生形变,由于 4 个电阻固定在金属片上(图 2a),所以 R_1 、 R_4 被拉长, R_2 、 R_3 被拉宽,故 R_1 、 R_4 电阻增大, R_2 、 R_3 减小,电桥平衡遭到破坏。压力增大后 R_1 、 R_4 电阻增大,导致 A、B 两端电压增大,所以 A 点电势将高于 B 点。血压越高、 F 越大,金属片形变和电阻变化也越大,电压表示数随之越大,从而测量出人体血压。

普通输液器原理

普通输液器(图 3)在输液时, A 管与空气相连, B 管下面连接一小容器 C,然后再用皮管连接到注射器,溶液沿皮管向下流,到容器 C 中被隔断(C 内有少量空气),并向下滴,再从皮管和注射器进入人体,图 3 中 A 管的作用为:当输液瓶中的液体往下流时,瓶上部的的气体体积增大,由气体等温变化可知,上部气体压强减小,液体向下流动的速度就会变慢,以至于不再往下流。

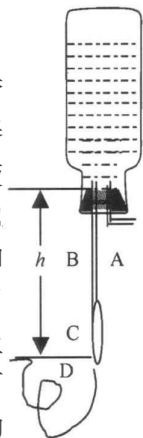


图 3

如通过 A 管使瓶中液体与外界相通,使瓶口处液体压强始终保持为大气压,当上部压强减小时,气体自动从 A 管吸入瓶中,保持了上部气体的压强不变,也就保证了液体以恒定速度持续向下流。由于注射液一般无色,在皮管内流动时不易观察其流动速度,而通过小容器 C 使液滴逐滴流下,则便于观察液体流动速度、控制输液的快慢。

设输液瓶口到注射针头 D 的平均高度 $h = 70\text{cm}$,人体血管内血液的平均压强约为一个大气压,普通注射用针头的内径为 0.3mm ,假设注射液流动时所受粘滞阻力等为重力的 $1/2$,就可估算注射 500mL 盐水所需的时间。液滴在重力 mg 和阻力 F_f 作用下向下流动,设在针头处注射液流动速度为 v ,由能量关系有 $(mg - F_f)h = mv^2/2$ 。代入数据得 $v = 2.63\text{m/s}$,则流入人体液体的流(速)量 $v_0 = vS = 1.86 \times 10^{-7}\text{m}^3/\text{s}$ 。故输完 500mL 盐水所需时间 $t = Q/v_0 = 2688\text{s}$,约为 45 分钟。

多普勒血流探测仪

利用超声波多普勒效应测定血流速度的原理如图 4 所示,超声探头产生一束频率为 $1 \sim 10\text{MHz}$ 的超声波,在遇到运动中的血细胞(称为声靶)时沿反射方向返回,再被探头所接收,由于血细胞中红细胞数量占优势,故大部分反射信号来自红细胞,其余来自白细胞和血小板。如果探头发射的超声波的频率为 f_0 、接收器接收到的频率为 f 、血的流速与声速之间的夹角为 θ 、声波在人体内传播的速度为 μ ,按照如下分析即可算出血液速度 v 。

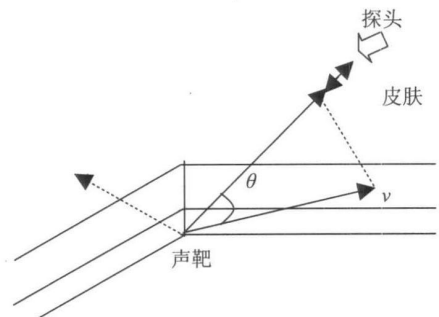


图 4

血流在探头方向的分速度为 $v \cos \theta$ 、声波的速度为 μ ,则血液接收到的频率

对近年高考试题中跳高问题的思考

张 贇



跳高、跳远是我们非常熟悉的活动,以跳高为模型的试题在近几年高考中也屡见不鲜,下面要介绍的2006年理综全国卷I第20题就是其中的代表。一质量为 m 的运动员从下蹲状态向上起跳经时间 Δt ,身体伸直并刚好离开地面,速度为 v ,在此过程中,A. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$,地面对他做的功为 $(1/2)mv^2$;B. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$,地面对他做的功为零;C. 地面对他的冲量为 mv ,地面对他做的功为 $(1/2)mv^2$;D. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$,地面对他做的功为零。

此题答案为B。本题从受力、动量变化、能量变化及做功等方面全面考查了跳高问题。为了便于分析,先描述起跳过程,运动员首先屈腿下蹲,然后快速用力蹬地,经一段时间 t (即加速时间)后,重心上升一段距离 s (即加速距离),身体刚好伸直并离开地面,以一定速度向上运动,速度为零时达到最高点。脚在离开地面之前始终接触地面,直到身体完全伸直,才随身体上半部分离地上升。另外,随着人

体的上升,在离开地面之前,向上运动部分的质量越来越大,到刚好离开地面时,向上运动部分的质量才等于人体的质量,所以整个起跳过程是一个变质量问题。

先看这样一组模型(图1左),放在水平面上质量为 m_1 的物体A与劲度系数为 k 的弹簧上端相连,弹簧下端与质量为 m_2 的物体B相连,开始时物体A和物体B以及弹簧在竖直方向上保持静止,若要使物体B离开地面,求在原来基础上弹簧的最小压缩量为多少?

【解】设平衡时弹簧的压缩量为 x_1 ,将弹簧压缩 x 后释放,当物体A到达最高位置时刚好能使物体B离开地面,即对地面的压力为零,物体要离开地面

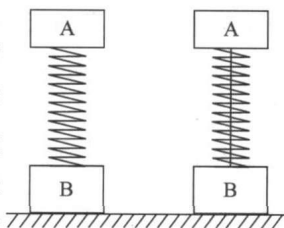


图1

$$f_1 = (\mu + v \cos \theta) f_0 / \mu \quad \text{①}$$

该波将被血流再次反射,此时血液变为波源,且以速度 $v \cos \theta$ 向探头传播,则探头接收到的频率

$$f = \mu f_1 / (\mu - v \cos \theta) \quad \text{②}$$

由①②两式可得 $v = (f - f_0) \mu / [(f + f_0) \cos \theta]$ 。

定量取药器

在第九届“全国青少年发明创造比赛”获奖作品中,有一项“方便药水瓶”,它是在药水瓶上再加一小杯型容器,该容器用两根细管与药水瓶相通,制成定量取药器(图5a),使用时把药水按图5b方式倒立,当药水停止流动时再把药水瓶倒置(图5c),指定份量的药水便盛载在容器内,取下药水瓶盖就可倒出指定份量的药水。以(图5b)方式倒立时,B为排气管、A为进液管,药液可充满容器,而药水瓶按图5c方式放置时,高出B管的液体则可由管排出,因此取药水量由B管在取药器内的插入深度确定。

心脏灌注显像技术

现在很多心血管专科医院都引进了一种叫作“心脏灌注显像”的检测技术,将若干毫升含放射性

钨(Tc)注射液注入动脉,40分钟后通过血液循环均匀分布在被检测者的血液中,对被检测者的心脏进行造影。心血管正常的位置是由于有放射性物质到达而有放射线射出;被堵塞的部分由于放射性物质不能到达而无放射线射出。医生根据显像情况就可判断被检测者的心脏有无病变及病变位置。由于放射性物质伤害人体,所以在人体内的滞留时间不能太长,所以其半衰期不能太长;但是因为放射性物质需要40分钟才能均匀分布于人体血液,所以其半衰期又不能太短,因此半衰期为6小时的放射性钨成为最佳选择。

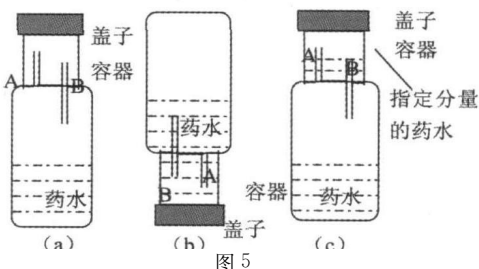


图5

(甘肃省高台县第一中学 734300)